U d'/of OTTAWA
39003003187217

Univ. s as
SCHOLA
BIBLIOTHECARIORUM
Ottavien is

Digitized by the Internet Archive
in 2011 with funding from
University of Toronto

http://www.archive.org/details/lesmaladiesdupap00se

Pierre SÉE
Docteur en Médecine
Docteur ès Sciences.

LES MALADIES
DU
PAPIER PIQUÉ

LES CHAMPIGNONS CHROMOGÈNES
QUI LES PROVOQUENT
LES MODES DE PRÉSERVATION

O. DOIN ET FILS
ÉDITEURS
8, PLACE DE L'ODÉON, PARIS (VIe)
1919

Universitas
SCHOLA
BIBLIOTHECARIORUM

AR 10

Monsieur le Professeur Mangin
Hommage respectueux
Dr Sée

Pierre SÉE
Docteur en Médecine
Docteur ès Sciences.

LES MALADIES
DU
PAPIER PIQUÉ

LES CHAMPIGNONS CHROMOGÈNES
QUI LES PROVOQUENT
LES MODES DE PRÉSERVATION

O. DOIN ET FILS
ÉDITEURS
8, PLACE DE L'ODÉON, PARIS (VIe)
1919

Univ. s. as
SCHOLA
BIBLIOTHECARIORUM

TS
1109
.S44M
1919.

LA FLORULE DU PAPIER

ÉTUDE SYSTÉMATIQUE ET BIOLOGIQUE

DES

CHAMPIGNONS CHROMOGÈNES

DU

PAPIER PIQUÉ

(*Nature, origine, agents et remèdes de l'altération des papiers*)

PAR

Pierre SÉE

DOCTEUR EN MÉDECINE

PREMIÈRE PARTIE

INTRODUCTION. — HISTORIQUE. GÉNÉRALITÉS.

Le papier subit, avec le temps, de sérieux dommages. Les fibres qui le composent se désagrègent et s'effritent. Sa surface, de plus, se couvre de ces petites taches pigmentées si fréquentes dans les bibliothèques humides et bien connues des amateurs de vieux livres. On dit communément qu'il « se pique ».

C'est l'étude de ces dommages et de leurs agents, ainsi que des moyens propres à les empêcher ou à les enrayer, que nous avons entreprise. Nous l'avons faite dans le laboratoire de Botanique de l'École Normale Supérieure, sur l'initiative et sous la direction de M. le professeur MATRUCHOT. Nous lui exprimons notre plus respectueuse gratitude pour l'accueil qu'il a bien voulu nous réserver et les conseils éclairés qu'il nous a donnés.

Ce travail était d'autant plus utile que, jusqu'à ce jour, on n'avait pas déterminé avec certitude et d'une façon systématique les agents de l'altération du papier, ni, par conséquent, pu les combattre de manière efficace.

Le problème, pourtant, préoccupe depuis longtemps les archivistes, les bibliothécaires et les bibliophiles, qui voyaient avec regret se détériorer les volumes de leurs collections ou même les éditions rares et les manuscrits précieux. Il n'a pas été non plus

sans éveiller l'attention des naturalistes. En 1721, déjà, le pasteur Frisch prétendait avoir trouvé une larve qui s'attaquerait au papier. En 1754, le *Gentleman's Magazine* de Londres attribue aussi aux insectes la destruction des livres.

Près d'un siècle plus tard, en 1842, la Société des Bibliophiles de Mons institue un concours, où elle invite les travailleurs à rechercher des procédés propres à préserver les volumes.

En 1853, M. de Quatrefages montre le rôle nocif des insectes. Quelques années après, en 1879, Hagen, professeur à l'Université de Harvard, affirme que ces animaux font, dans les volumes, un véritable travail de mines (1).

En 1900, les bibliothécaires résolurent de grouper les efforts des chercheurs et ils ouvrirent, à Paris, un congrès qui inspira plusieurs mémoires. Ces travaux renforcèrent l'opinion accréditée jusqu'alors et d'après laquelle les taches qui maculent le papier ancien sont l'œuvre de certains insectes.

Johann Bolle, en particulier, insiste sur les méfaits des vrillettes, dont la plus coupable serait l'*Anobium paniceum*.

Houlbert (2) attribue ces dommages à sept catégories d'insectes

1° Coléoptères ;
2° Orthoptères ;
3° Thysanoures ;
4° Pseudonévroptères ;
5° Hyménoptères ;
6° Lépidoptères ;
7° Arachnoïdes ;

et il estime que ces animaux s'installent dans les bibliothèques et attaquent le bois des rayons, le cuir, la colle, les reliures et même l'intérieur des volumes (3).

***

Il est exact que les insectes peuvent contribuer à la destruction des livres, mais ils ne sont pas seuls en cause et, à notre avis, ne jouent peut-être même pas le rôle principal. Des discussions mêmes du Congrès de 1900, en effet, il ressort que, si les insectes envahissent

(1) Cette bibliographie est empruntée à Houlbert. — *Les insectes ennemis des livres. Leurs mœurs. Les moyens de les détruire.* Un vol., Paris, 1903.

(2) Houlbert, *loc. cit.*

(3) Voir aussi Reinick. — *Les ennemis du papier. Le papier*, 1911, p. 197, d'après *American Journal of Pharmacy.*

souvent les bibliothèques dans les climats méridionaux, ils ne sauraient être bien nuisibles dans les régions septentrionales. Cependant, les livres se piquent aussi bien dans les pays du Nord que dans ceux du Midi. De plus, si ces animaux s'attaquent au bois, au cuir ou à la colle, ils semblent avoir une prédilection moins marquée à l'égard du papier. La logique conduit donc à admettre l'intervention d'autres facteurs. Nos expériences les ont aussi mis en évidence, car nous avons reconnu que les taches du papier (1) sont causées par des champignons particuliers (2), dont quelques-uns secrètent un pigment diffusible.

Un examen, fait à l'œil nu, à la loupe ou au microscope, de l'une de ces taches, à contours souvent assez nets, qui maculent les pages d'un livre piqué, est, à ce sujet, bien démonstratif.

Il laisse, en effet, dans un grand nombre de cas, constater qu'elle est formée de deux parties : un centre, généralement punctiforme, plus ou moins foncé, c'est la moisissure ; et une zone périphérique, à peu près circulaire, un peu plus claire. Cette dernière, dont la teinte va en se dégradant, est constituée par les fibres du papier, dans lesquelles ont diffusé, à une distance variable suivant l'espèce considérée, les sécrétions colorées du champignon ; elle est souvent visible sur les deux faces du papier.

La teinte du pigment et la forme de la tache varient avec le champignon. Ainsi le *Chætomium bostrychodes* produit une tache verdâtre bien nette, tandis que certains *Fusarium* maculent le papier d'une teinte diffuse rose, rouge ou lie de vin et que le *Stachybotrys atra* détermine la présence d'un piqueté noir.

Nous avons, après un travail d'élimination, isolé les champignons qui produisent des taches, et étudié leurs particularités botaniques (3) (*première partie*). Nous avons envisagé les taches elles-mêmes, les avons reproduites expérimentalement, afin de démontrer la réalité de leur origine. Nous avons fait ensuite l'étude des pigments (*deuxième partie*) et, enfin (*troisième partie*), celle des moyens propres à enrayer ou à empêcher la « piqûre » et la moisissure du papier.

(1) Nous avons limité à elles seules nos investigations et fait abstraction des trou des reliures et des plats.

(2) Pierre Sée. — *Sur les moisissures causant l'altération du papier.* Académie des Sciences, T. CLXIV, 29 janvier 1917, p. 230.

(3) Toutes les figures et les planches que nous donnons sont originales.

CHAPITRE I

NOMENCLATURE DES CHAMPIGNONS SIGNALÉS COMME PAPYRICOLES

Si l'on compulse les diverses publications de mycologie, et en particulier, SACCARDO, RABENHORST, le *Bulletin de la Société Mycologique*, les *Annales mycologici*, la *Revue Mycologique*, etc., on trouve signalés un grand nombre de champignons poussant sur papier.

Les auteurs, toutefois, n'ont fait aucune étude critique ; ils se sont bornés, le plus souvent, à indiquer qu'une espèce a été récoltée sur papier, sans rechercher si sa présence y est habituelle ou purement fortuite.

Nous avons groupé ces champignons d'après la classification de RABENHORST et pouvons établir la liste suivante :

CLASSE DES ASCOMYCÈTES

A. ORDRE DES PYRÉNOMYCÈTES

I. — Sous-ordre des Périsporiacées.

Périsporiées
- *Cephalotheca Kriegeri* Rehm.
- *Anixia cyclospora* (Cooke) Sacc. (1)
- *Micromastia fimicola* Syd.
- *Perisporium vulgare* Corda

II. — Sous-ordre des Hypocréacées.

Hypocréacées
- *Calonectria circumposita* Kirschst.
- *Nectriella papyrogena* Sacc. et Penz. (2)
- *Nectria charticola* (Fuck.) Sacc. (3)
- — *Pezicula* Speg. (4)
- — *Westhoffiana*, P. Henn. et Lind.

(1) Syn., *Orbicula cyclospora* Cooke.

(2) Selon Sacc. (Michelia II, 608 et Syll. II, 449), n'est pas synonyme de *Nectria charticola* et de *N. Pezicula*.

(3) *Nectria charticola* (Fuckel), *N. charticola* Sacc. *Nectriella charticola* Fuckel *Sphæria charticola* Fuckel, sont synonymes.

(4) Voisine, selon Sacc. (II, p.502), de *Nectria charticola*, mais en diffère par son ostiole et les dimensions de ses spores.

III. — Sous-ordre des Sphæriacées.

Chætomiées
- *Chætomium chartarum* (Berk.) Winter (1) (nec Ehrenberg)
- *Chætomium rufulum* B. et Br.
  - — *elatum* Kunze (2)
  - — *lageniforme* Corda (3)
  - — *Fieberi* Corda
  - — *chartarum* Ehrenb.
  - — *affine* Corda (4)
  - — *griseum* Cooke
  - — *microsporum* Speg.
  - — *megalocarpum* Bain.
  - — *indicum* Corda
  - — *spirochaete* Palliser
  - — *cochlioides* Palliser
  - — *macrosporum* Sacc. et Penz.
  - — *arachnoides* Mass. et Salm.
- *Chætomidium phyllactineum* Bainier

Sordariées
- *Sordaria papyricola* Winter (5)

Lophiostomées
- *Platystomum chartarum* (6) (Sacc. et Syd.) Sacc. et D. Sacc.

Sphérelloidées
- *Sphærella Karsteniana* Speg.

Pléosporées
- *Pleospora chartarum* Fuck. (7)
  - — *malacospora* Speg.
  - — *obtusa* (Fuck.) von Höhnel (8)
- *Leptosphæria fibrincola* v. Höhn. et Rehm (9)
  - — *papyricola* Ell. et Ev.
  - — *papyrogena* Sacc. subsp. (10)
- *Metasphæria chartarum* Sacc. et Syd. (11)

Sphæriacées incomplètement connues, d'après Rabenhorst
- *Sphæria epipapyrea* Wallr.

(1) Syn., *Ascotricha chartarum* Berk. et *Dicyma chartarum* Sacc.

(2) Syn. *Chætomium Fieberi* Fuckel (non Corda).

(3) Se confond, selon Rabenhorst (Asc. II, 157), avec *Chætomium elatum* Kunze.

(4) Selon Rabenhorst (Asc. II, 156) *Chætomium Fieberi* Corda, *Ch. chartarum* Ehrenb. et *Ch. affine* Corda font partie du *Ch. Kunzeanum* Zopf.

(5) Syn. *Hypocopra papyricola* Sacc.

(6) L'ancienne dénomination est *Lophidium chartarum* Sacc. et Syd. qui, d'après Saccardo, est la même espèce que *L. purpurascens* Ell. et Ev. (non Mont.).

(7) Syn. *Sphæria chartarum* Fuck. (selon Rabenh.). État conidal : *Dicoccum truncatum* corda. Ne doit pas, selon Saccardo, être assimilée à *Sph. chartarum* Wallr., qui n'est pas un Pyrénomycète.

(8) Syn. *Teichospora obtusa* Fuck. ou, selon Rehm, *Strickeria obtusa* Winter.

(9) Doit, selon Sacc. (Syll. XXII, Sup. N° 4.134), être différenciée de *Leptosphæria papyricola*.

(10) L'espèce, selon Sacc., est *Leptosphæria typharum* (Desm.) Karst.

(11) Genre supprimé par Rabenhorst.

B. ORDRE DES GYMNOASCÉES

Gymnoascées
- *Eremascus fertilis* Stoppel
- *Arachniotus aureus* (Eidam) Schröter
- *Myxotrichum chartarum* Kunze (1)

C. ORDRE DES DISCOMYCÈTES

I. — Sous-ordre des Phacidiacées.

Euphacidiées
- *Phacidium geographicum* Kickx (2)
- — *mirabile* Cooke

II. — Sous-ordre des Stictidées.

Stictées
- *Ocellaria charticola* Feltg.
- *Phragmonævia charticola* Feltg.

III. — Sous-ordre des Dermatéacées.

Bulgariacées
- *Agyrium chartarum* Peyl
- *Orbilia diaphana* (Sow.) Sacc.

IV. — Sous-ordre des Pézizées.

Mollisiées
- *Mollisia atrocinerea* (Cooke) Phill., *forma papyricola* Rehm.
- *Belonidium subcarneum* Rehm.

Hélotiées
- *Helotiella papyricola* Ell. et Ev. (3)

Eupézizées
- *Humaria Zukalii* Rehm.
- — *alpigena* Lindau
- *Pyronema Franzionianum* de Not.
- — *hæmastigma* (Hedw.) Sacc. (4)
- — *chartarum* Quel.
- — *domesticum* (Sow.) Sacc.

Ascobolées
- *Ascophanus testaceus* (Moug.) Phill.
- — *chartarum* Kirschst.
- *Ascobolus Costantini* Roll.

FUNGI IMPERFECTI

A. ORDRE DES SPHÆROPSIDÉES

Sphæroïdées
- *Phoma chartarum* B. et C.
- — *charticola* Speg.
- *Aposphæria charticola* Sacc.
- *Pyrenochæta tarda* Sacc.
- — *papyricola* Ell. et Ev.
- *Chætomella atra* Fuck, forma *charticola* F. Tassi
- *Cladochæte setosa* (Wint.) Sacc. (5)
- *Ascochyta charticola* F. Tassi (6)
- *Camarosporium charticolum* (Speg.) Sacc.

(1) Syn. *Oncidium chartarum* Nees et *Actinospira chartarum* Corda (Selon Corda, Vol. VI, p. 7.)

(2) Syn. *Pseudopeziza geographica* Kickx. Espèce douteuse selon Rabenhorst.

(3) Genre supprimé par Rabenhorst.

(4) Selon Rabenhorst, serait synonyme de (?) *Pyronema Franzionianum*, var. *rhopalascum* Sacc.

(5) Doit vraisemblablement, selon Sacc., être rattaché au genre *Chætomium* et serait le *Chætomium setosum* Winter.

(6) Ne doit pas être confondu avec *Ascochyta papyricola* F. Tassi, dont l'habitat est in foliis *Cyperi Papyri* », et qui n'a pas été trouvé sur papier.

Leptostromacées { *Leptothyrium charticolum* Vouaux
Sacidium chartarum Sacc. et Penz.

B. ORDRE DES MÉLANCONIÉES

Mélanconiées { *Glœosporium Solani* Osterw.

C. ORDRE DES HYPHOMYCÈTES

Malbranchea pulchella Sacc. et Penz.
Oospora propinquella Sacc.
— *ochracea* (Corda) Sacc. et Vogl.
Monilia Acremonium Delacroix
Geotrichum candidum Link.
Œdocephalum roseum Cooke
— *echinulatum* Thaxt
— *glomerulosum* (Bull.) Sacc. (1)
Cephalosporium charticola Lindau.
Eidamia acremonioides (Harz) Lindau (2)
Aspergillus roseus Link
— *sulphureus* Desm.
— *nanus* Oudemans

Mucédinées

a. Division des Hyalosporées.

Sterigmatocystis alba (V. Tieghem.) Bain.
— *varia* Bain.
Penicillium brevicaule Sacc.
— *Costantini* Bain.
Gliocladium compactum Cooke et Mass.
— *roseum* Bain.
Briarea orbicula (Corda) Bonord.
Sporotrichum expansum Niessl.
— *polysporum* Link
— *roseolum* Oud. et Beijerinck
— *roseum* Link
Rhinotrichum lanosum Cooke
Botrytis carnea Schum.
— *papyrogena* Ell. et Barth.
— *pæoniæ* Oud.
Monosporium chartarum Therry
Gonatobotrys flava Bon.

b. Division des Hyalodidymées. { *Trichothecium roseum* (Corda) Link (3)
Arthrobotrys superba Corda
— — var. *oligospora* (Fres.)

Dématiées

a. Division des Phœosporées.

Coniosporum papyricola Lindau
Torula asperula Sacc.
— *chartarum* (Link) Corda (4)
Hormiscium aurantiacum Lindau
Echinobotryum læve Sacc. (5)

(1) L'ancienne dénomination est *Haplotrichum roseum* Corda.

(2) L'ancienne dénomination est *Papulaspora aspergilliformis* Eidam. Les *Papulaspora*, selon M. Bainier (*Bul. Soc. Mycol. France*, T. XXIII, 1907, p. 132) doivent être rangés dans les Ascomycètes.

(3) Syn. *Cephalothecium roseum* Corda.

(4) Syn. *Oidium chartarum* Link, *Gliomastix chartarum* Corda, *Sporotrichum chartaceum* Pers. *Stilbospora chartarum* Ehrenb. — Diffère, selon Gueguen, de *Gliomastix chartarum*.

(5) D'après Gueguen, l'*Echinobotryum* doit être considéré comme un *Stysanus* déformé.

a. Division des Phœosporées. (*Suite.*)	*Periconia minima* (Cooke) Sacc. — *alternata* (Berk.), Bomm. et Rouss. — *atra* Corda — *Desmazieri* (Fries) Bonorden — *ellipsospora* Penz. et Sacc. *Synsporium biguttatum* Preuss *Stachybotrys alternans* Bonord. — *papyrogena* Sacc. — *atra* Corda — *lobulata* Berk. — *asperula* Mass. — *verrucosa* Cooke et Mass. *Trichosporium chartaceum* (Pers.) Sacc. (1) — *variabile* Peck. (2) — *sphærospermum* (Fuck.) Sacc. — *holosericeum* (Preuss) Sacc. — *binucleatum* Karst. — *olivatrum* Sacc. *Haplographium chartarum* (Cooke) Sacc. (3) *Hormodendrum Hordei* Bruhne, var. *parvisporum* A. L. Smith *Dematium vinosum* Massee. *Myxotrichum deflexum* Berk. (4) *Stachylidium chartarum* Schulz et Sacc.
b. Division des Phœodidymées.	*Dicoccum asperum* (Harz) Corda, var *charticola* Sacc. (5) *Cladosporium herbarum* (Pers.) Link — *papyricolum* B. et Br. — *pæoniæ* Passer.
c. Division des Phœophragmiées.	*Fusariella viridiatra* Sacc. (6) *Heterosporium cladosporioides* Ell. et Ev.
d. Division des Phœodictyées.	*Coniothecium charticola* Fuck. — *pyramidula* Bomm. Rouss. et Sacc. *Sporodesmium chartarum* B. et C. — *echinulatum* Speg. *Stemphylium amænum* Oud. — *Alternariæ* (Cooke) Sacc. (7) — *asperosporum* Cooke et Mass. — *botryosum* Wallr. — — var *domesticum* Sacc. — — var. *botrytis* (Preuss.)

par son parasitisme sur d'autres *Stysanus*. Massee (*Brit. Fung.* Pl. III, 366, d'après Rab. VIII, p. 610), est enclin à considérer cet *Echinobotrygum* comme un stade jeune de l'*Ech. atrum*.

(1) Syn. *Sporotrichum chartaceum* Pers.

(2) Doit être, selon Sacc. (Syll. XXII, Sup. N° 8369), différencié de *Trichosporium chartaceum*. Ce dernier se rapprocherait de *Stachybotrys alternans*.

(3) Syn. *Penicillium chartarum* Cooke.

(4) Nous avons placé cette espèce avec les *Fungi imperfecti*, tandis que nous avons rangé le *Myxotrichum chartarum* avec les Gymnoascées, ce dernier seul ayant pu être rattaché aux Ascomycètes. Le genre *M.* a été supprimé par Rabenhorst.

(5) Syn. *Trichocladium* Harz, var. *charticola*.

(6) Syn. *Fusisporium atrovirens* Sacc.

(7) Syn. *Sporodesmium polymorphum* Corda, var. *chartarum* Cooke.

d. **Division des Phœodictyées** *(suite).*	*Macrosporium chartarum* Peck. — *bifurcum* (Fres.) Sacc. — *consortiale* v. Thüm. *Alternaria chartarum* Preuss — *tenuis* Nees.
Stilbacées	*Stysanus medius* Sacc. *Chordostylum bissoides* Tode (esp. incertaine) (1).
Tubercularlacées	*Epicoccum reticulatum* Cooke *Myrothecium Verrucaria* (Alb. et Schwein.) Ditm. *Myrothecium roridum* Tode.

Outre les espèces précédentes, il convient de citer une Entomophtoracée, le *Rosophidium roseum* de Bary (espèce incertaine) et une Myxobactériacée, le *Myxococcus rubescens* Thaxt.

Soit, en tout, cent cinquante espèces environ.

Enfin, nous nous bornons à signaler un travail de M. Bouly de Lesdain (2). L'auteur, en étudiant la flore cryptogamique d'une panne (petite vallée située entre les dunes), a trouvé, sur de vieux morceaux de carton, des lichens et divers champignons qui, dit-il, proviennent sans doute de plantes voisines.

ÉTUDE CRITIQUE

Une étude critique complète des espèces énumérées serait fort longue et nous entraînerait hors du cadre de ce travail. Remarquons, toutefois, que leur nomenclature englobe des champignons appartenant à des groupes très divers d'Ascomycètes (Pyrénomycètes, Gymnoascées, Discomycètes) et aux *Fungi imperfecti.* Or, on sait aujourd'hui qu'un grand nombre de ces derniers ressortissent de formes parfaites.

M. Matruchot (3) a soutenu le premier, en 1895, cette idée, dont l'application l'a conduit, par une série de recherches, en collaboration avec M. Dassonville (4), à rattacher les champignons agents des Teignes à la famille des Gymnoascées et à les faire ainsi

(1) Genre supprimé par Rabenhorst et semblant devoir être rattaché au genre *Stilbella.*

(2) Bouly de Lesdain. — *Ecologie d'une petite panne dans les dunes des environs de Dunkerque* (Phanérogames et Cryptogames). *Bul. Soc. Bot. de France,* N°s 2 et 3, T. LIX, 1912, pp. 177-184 et 207-215.

(3) L. Matruchot. Structure, développement et forme parfaite des *Gliocladium. Rev. Gén. de Bot.*, T. VII, N° 80, 1895, p. 321.

(4) L. Matruchot et Dassonville.— Sur le champignon de l'herpès *(Trichophyton)*

rentrer dans l'ordre des Ascomycètes. Cette méthode de recherches a été employée depuis par maints mycologues.

Nous avons signalé, au cours de notre nomenclature, cette synonymie particulière qui désigne les appareils, conidien ou ascosporé, de certaines espèces. Ainsi l'*Ascotricha chartarum* Berk. est en réalité un des aspects du *Chætomium chartarum* (Berk.) Winter. Le *Dicoccum truncatum* Cda., de même, est un appareil conidien du *Pleospora chartarum* Fuck.

Il est donc possible que certains champignons, ayant deux formes distinctes, mais dont on ignore encore aujourd'hui la corrélation (par exemple un périthèce et des conidies), aient été décrits sous des noms différents et classés à la fois dans les Ascomycètes et les *Fungi imperfecti.*

Notre énumération comporterait donc des *doubles emplois* et pourrait sans doute être abrégée si, ayant entre les mains tous les états végétatifs indiqués par les auteurs, l'on pouvait prouver que certains d'entre eux appartiennent à la même moisissure.

Nous avons, en établissant la synonymie, fait remarquer également que certaines espèces ont été décrites et signalées comme papyricoles sous des noms différents et ces multiples appellations sont susceptibles de créer une certaine confusion. Ainsi le *Chætomium elatum* Kunze n'est autre que le *Chæt. Fieberi* Fuckel (non Cda.) et le *Chæt. lageniforme* Cda. De même, le *Chæt. Fieberi* Cda., le *Chæt. chartarum* Ehrbg., le *Chæt. affine* Cda. rentrent dans le cadre du *Chæt. Kunzeanum* Zopf.

Nous voyons aussi la *Sordaria papyricola* Winter porter la dénomination d'*Hypocopra papyricola* Sacc.

Quelques-unes, parmi les espèces citées, ont une diagnose notoirement insuffisante ; celle de l'*Agyrium chartarum* Peyl, par exemple, ne comporte aucune indication de mesure. La même remarque s'applique au *Monosporium chartarum* Therry et au *Sporodesmium chartarum* B et C.

On peut donc se demander si certaines espèces dites « papyri-

et les formes voisines et sur la classification des Ascomycètes. *Soc. Mycol.*, T. XV, 1899, pp. 240-253.

— Sur un nouveau *Trichophyton* produisant l'herpès chez le cheval. *Comptes rendus Ac. Sciences*, 1er août 1898, p. 279.

— Sur une forme de reproduction d'ordre élevé chez les *Trichophyton*. *Bul. Soc. Mycol*, T. XVI, 1900.

— *Eidamella spinosa*. Dermatophyte produisant des périthèces. *Bul. Soc. Mycol.*, T. XVII, 1901, pp. 123-132.

coles » ne sont pas simplement des variétés d'espèces antérieurement connues, hypothèse d'autant plus admissible que, comme nous l'avons constaté, le développement sur papier modifie souvent les caractères végétatifs du champignon.

Le *Cladosporium papyricolum* B. et Br. notamment, n'est pas défini de façon nette, et peut-être est-il une simple forme du *Cladosporium herbarum*.

Nous n'avons cité que pour mémoire deux espèces incertaines, le *Chordostylum bissoides* Tode et le *Rosophidium roseum* de Bary. Ce dernier appartient d'ailleurs aux Entomophtoracées, champignons qui sont parasites des insectes et ne poussent vraisemblablement pas en saprophytes sur le papier.

On peut enfin douter que soient réellement papyricoles des champignons signalés comme ayant poussé sur des tentures murales, toujours enduites de colle ou de couleur ; sur des papiers souillés d'excréments, d'ordures, de terre, ou tachés avec de l'extrait de viande, du fromage, du jus de framboise, ou encore additionnés de gélatine, de phosphate de chaux, ou, enfin, sur du papier d'herbiers, constamment imprégné de sucs végétaux. Nous avons cependant dressé, à titre de document, la liste des espèces qui ont pris naissance sur des papiers ainsi maculés. La voici :

Anixia cyclospora (Cooke) Sacc. *Rhinotrichum lanosum* Cooke *Hormiscium aurantiacum* Lindau *Trichosporium variabile* Peck. *Stemphylium Alternariæ* (Cooke) Sacc.	sur tenture murale
Sphærella Karsteniana Speg. *Pleospora malacospora* Speg. *Nectria Pezicula* Speg. *Phoma charticola* Speg. *Ascochyta charticola* F. Tassi *Camarosporium charticolum* (Speg.) Sacc. *Sporodesmium echinulatum* Speg.	papier sali avec des excréments
Coniothecium pyramidula Bomm. Rouss. et Sacc.	papier avec crottes de souris
Monilia acremonium Delacr.	papier avec ordure
Nectria charticola (Fuck.) Sacc.	papier souillé de terre
Humaria Zukalii Rehm.	papier feutre, imbibé d'extrait de viande
Œdocephalum echinulatum Thaxt.	papier enveloppant du fromage

Aspergillus nanus Oudemans	papier parchemin, ayant renfermé des framboises
Eremascus fertilis Stoppel	papier avec gélatine
Sporotrichum expansum Niessl.	papier avec phosphate de chaux
Chætomium macrosporum Sacc. et Penz. *Nectriella papyrogena* Sacc. et Penz. *Phacidium mirabile* Cooke *Stachybotrys verrucosa* Cooke et Mass.	papier d'herbiers

Nous n'avons pas non plus signalé comme papyricoles des espèces ayant poussé, au cours de cultures artificielles, sur du papier additionné de sels nutritifs (azotate de soude, phosphate acide de potasse, etc.), selon les procédés qu'a employés van Iterson (1), quand il a recherché l'action des microorganismes sur la cellulose. Nous avons, au contraire, étudié les moisissures proprement dites du papier. Nous avons, en outre, afin d'éliminer toute chance de contamination, opéré dans des conditions aseptiques, suivant les techniques que nous allons exposer.

CHAPITRE II

TECHNIQUE

Généralités. — Nous avons laissé moisir des papiers, afin d'en obtenir la « piqûre ». Pour éviter les causes possibles d'erreur et récolter des espèces qui fussent strictement papyricoles, il fallait, au cours des expériences :

1° Écarter toute chance de contamination, en plaçant le papier dans les meilleures conditions d'asepsie.

2° Bannir l'emploi de substances nutritives, dont la présence eût permis le développement d'espèces non charticoles.

Nous avons réalisé le premier critérium par l'usage exclusif de récipients parfaitement aseptiques, dans lesquels furent placés les échantillons de papier. Nous avons rempli la seconde indication en versant uniquement dans les appareils de l'eau distillée et stéri-

(1) Van Iterson. *La décomposition de la cellulose par les microorganismes.* Verslag von de Koninklyke Academie von Wetenschappen te Amsterdam. Afd Wis. en Natuurk 1903, p. 307.

lisée, destinée à maintenir l'humidité nécessaire au développement des champignons.

L'exposé des techniques appelle d'ailleurs quelques détails complémentaires.

MATÉRIEL

A. Récipients. — 1° *Assiettes.* — Nous avons flambé avec soin des assiettes creuses et les avons recouvertes d'un disque de verre également passé à la flamme du bec Bunsen.

Ce procédé, facile mais grossier, a permis de récolter des espèces intéressantes. Nous l'avons abandonné, parce qu'il ne réalise pas des conditions d'asepsie satisfaisante. Son mode de fermeture n'est, en effet, pas suffisant pour empêcher la pénétration des germes à l'intérieur de l'appareil.

Nous avons donc utilisé des coupelles de terre poreuse, de 10 à 12 centimètres de diamètre et surmontées d'un petit disque de verre. Elles furent posées au centre d'une assiette, recouverte elle-même par un disque de grandes dimensions. Tout ce matériel avait été stérilisé au four et à la flamme du gaz. Nous avons, dans un certain nombre d'expériences, rendu plus hermétique la fermeture en plaçant de la vaseline sur les bords de l'assiette.

2° *Boîtes de Pétri.* — Ces boîtes, de 10 à 15 centimètres de diamètre, étaient stérilisées à l'autoclave. Elles étaient, au cours des expériences, protégées contre les poussières par une cloche de verre. Les couvercles étaient maintenus par des bandelettes de caoutchouc.

3° *Tubes.* — Nous avons employé des tubes étranglés dits « à pommes de terre », et après y avoir versé quelques centimètres cubes d'eau, les avons bouchés avec de l'ouate, puis stérilisés à l'autoclave.

Ce dispositif est simple et pratique. Il est peu encombrant et permet aisément d'observer chaque jour un grand nombre de tubes.

4° *Introduction de l'eau dans les récipients.* — Il importait, en faisant cette petite opération, d'éviter toute contamination. Nous prenions donc un matras ou un tube à essai remplis d'eau, soigneusement bouchés, stérilisés à l'autoclave, flambions leurs bords et les bouchons d'ouate, puis versions le liquide dans les récipients (1).

(1) Les tubes étranglés étaient pourvus d'eau avant leur stérilisation et la dessiccation était très lente, grâce à un bouchage serré.

L'eau était renouvelée, après évaporation, avec les mêmes précautions.

B. Papiers. — Dans les appareils qui viennent d'être décrits nous avons introduit des papiers. Remarquons que l'eau imprégnait directement les échantillons à l'intérieur des boîtes de Pétri ou des assiettes. Elle était absorbée lentement par la terre cuite et imbibait progressivement ceux qui étaient placés dans les coupelles poreuses. Elle créait simplement une atmosphère humide, sans mouiller le papier, dans les tubes étranglés.

Pour les trois premiers dispositifs qui permettent l'examen d'une surface assez large, nous avons pris des échantillons sans tache que nous avons prélevés le plus aseptiquement possible. Dans ce but, nous ouvrions un cahier de papier, par exemple (les feuilles du centre ayant peu de chance d'être contaminées accidentellement) puis, avec un scalpel stérile, nous découpions un morceau de forme et de dimensions convenables, qui était alors placé, avec une pince flambée, dans le récipient choisi. Nous évitions ainsi toute infection éventuelle de l'échantillon, par les doigts. Les vieux papiers étaient aussi, malgré leurs souillures, manœuvrés le plus aseptiquement possible.

Les récipients, toujours placés à plat, n'étaient jamais agités, de manière à éviter, quand le papier commençait à moisir, la dissémination des spores dans l'eau et la contamination réciproque des colonies.

Lorsque nous avons utilisé les tubes, nous avons découpé, avec toutes les précautions d'asepsie désirables, une bande de papier autour d'une tache ou d'un point, souvent petits, mais qui, après observation préalable à la loupe, semblaient susceptibles de se développer.

Les tubes étaient maintenus debout.

Dans tous les cas, les récipients étaient laissés à la température ordinaire du laboratoire, qui est celle des bibliothèques. On se rapprochait ainsi des conditions naturelles dans lesquelles se produit la « piqûre » spontanée des papiers.

Nous avons choisi, à dessein, des spécimens de composition très diverse (chiffons, bois chimique, bois mécanique, paille, etc.).

Leur mode de fabrication (encollage plus ou moins complet

ou absence d'encollage, etc.), leur âge (papier moderne, livres plus ou moins vieux) étaient aussi différents.

Toutes les gammes de qualité se trouvaient donc représentées et allaient des luxueuses feuilles « pur chiffon » au vulgaire papier d'emballage.

Voici les types de papiers utilisés :

Beaux papiers non collés, papiers filtres de plusieurs genres, papiers à cigarettes, buvards.

Cartons divers. Papier à envelopper courant, papier d'emballage, papier gris, papier à herbier, papier dit à chandelle.

Papier à dessin. Volumes modernes imprimés sur papier plus ou moins beau. Papier à imprimer neuf. Revues. Journaux quotidiens.

Papiers de luxe, purs chiffons, collés. Bristols.

Cahiers. Carnets. Papier écolier. Papier à lettres, de qualités diverses.

Vieux livres, piqués ou non, d'âges différents (Lettres de Richelet datant de 1721, une édition de Racine de 1702, etc., brochures et gravures anciennes (1).

Pâtes. Nous avons répété les expériences avec des pâtes à papier (2).

Récolte, culture, mode d'étude des espèces.

Boîtes, assiettes, coupelles et tubes étaient examinés à intervalles réguliers et la transparence du verre permettait d'observer les échantillons sans avoir à ouvrir les appareils.

Ces techniques aseptiques évitent, dans la plupart des cas, l'envahissement des échantillons par les espèces vulgaires (Pénicilles et, en particulier, *Penicillium glaucum*, Aspergilles banaux, Mucorinées, etc.). Quand il se produit, il est dû sans doute à des germes existant, antérieurement à l'expérience, sur la surface du papier. En ce cas, se développent de façon précoce, au bout d'un temps allant d'un jour à une semaine, par exemple, d'abondants gazons mycéliens.

L'expérience en cours doit alors être abandonnée.

(1) Quelques-unes nous ont été aimablement données par M. Jacques Boyer.

(2) Elles nous ont été adressées obligeamment par M. Gaston Bouilly, mort depuis au Champ d'honneur.

Le plus souvent, le papier reste immaculé un temps fort long, car la croissance des bonnes espèces, c'est-à-dire des champignons véritablement papyricoles, est toujours assez lente. Mais au bout de quelques jours, parfois plusieurs semaines ou même plusieurs mois, on voit apparaître sur la surface du papier, ou croître, si on avait employé un échantillon déjà piqué, un point, un fin duvet ou une tache pigmentée.

Ce sont de petites colonies de champignons papyricoles, dont la couleur, les dimensions, l'aspect, le contour sont des plus variables. Examinées à la loupe, elles apparaissent souvent séparées les unes des autres, la pauvreté du milieu ayant, au moins pour certaines moisissures, peu de tendance à les rendre confluentes.

Nous faisions alors un prélèvement à l'aide d'un fil de platine.

Les espèces après avoir été, le cas échéant, séparées (1), étaient cultivées sur des milieux divers (carotte, pomme de terre, gélose, bois, papier, jus de carotte, bouillon de bois, pain), quelquefois sur un substratum solide sec. Leur développement était également suivi au moyen de tubes Borrel en séries. Les cultures vivantes et leur évolution étaient observées en cellules van Tieghem.

Nous utilisions généralement, pour les tubes Borrel et les cellules van Tieghem, un bouillon de carottes léger, mais quelquefois aussi d'autres liquidés (bouillon de bois, milieux artificiels, etc.).

Prises directes. — Enfin, lorsque sur un papier, les pages d'un livre, etc., des taches nous paraissaient intéressantes et le champignon suffisamment développé, nous opérions un prélèvement direct, que nous ensemencions sur milieu nutritif. Souvent, nous obtenions ainsi du premier coup une culture pure. Parfois nous avions deux ou trois espèces associées, qui étaient alors séparées et étudiées par les méthodes habituelles.

(1) Une bonne méthode consiste à prélever, dans une culture en tube de carotte quelques spores que l'on reporte, sous forme de strie très fine, sur une bande de papier blanc collé stérilisé (papier écolier). Ce dernier ne doit pas être mouillé, mais maintenu seulement en atmosphère humide. Il est donc placé dans un tube étranglé, au fond duquel on a versé quelques centimètres cubes d'eau. Le milieu ainsi créé, défavorable à beaucoup d'espèces non papyricoles, ne permet pas leur développement et, en tous les cas, donne des colonies bien séparées qu'il est facile de repiquer.

CHAPITRE III

GENRES ET ESPÈCES ISOLÉS

Les techniques qui viennent d'être exposées nous ont permis de recueillir, d'isoler et d'étudier un certain nombre de genres et d'espèces. Voici leur nomenclature :

Chætomium Kunzeanum Zopf
— *bostrychodes* Zopf
— *chartarum* (Berk.) Winter
Myxotrichum chartarum Kunze
Eidamella spinosa Matr.
Aspergillus sulphureus Desm.
— *brunneofuscus* n. sp.
Acrostalagmus cinnabarinus Corda
Spicaria elegans Corda, var. nov. *flava*
Cephalothecium roseum Corda, var. β. Matr.
Torula chartarum (Link) Corda
Stachybotrys atra Corda
Dematium pullulans de Bary
Cladosporium herbarum (Pers.) Link.
Stemphylium macrosporoideum Berk.
— *botryosum* Wallr.
— *piriforme* Bonord.
— *verruculosum* Zimmerm.
— *graminis* (Corda) Bonord.
Alternaria polymorpha Planchon
— *chartarum* Preuss
— *varians* Planchon
— *humicola* Oud.
Stysanus stemonites (Pers.) Corda
Fusarium sp. N° 1
— N° 2
Nocardia sp.

Les champignons isolés sont, on le voit, en nombre relativement restreint, mais nous avons constaté leur présence de façon régulière et dans des conditions d'asepsie satisfaisantes. Au contraire, beaucoup d'espèces qualifiées de « charticoles », n'ont souvent été observées qu'une seule fois et elles ont poussé dans des milieux infectés.

En outre, malgré l'étendue du champ de nos expériences, les papiers examinés par les naturalistes étaient fatalement d'origine et de composition plus divers que les nôtres et pouvaient, en conséquence, donner une récolte d'espèces plus variées.

Ces différences dans le matériel primitif seraient intéressantes à

connaître ; mais on ne peut pas les apprécier, car les auteurs n'ont généralement donné aucune indication sur les papiers qu'ils ont observés.

Elles permettent sans doute d'expliquer pourquoi nous avons isolé des champignons, tels que l'*Alternaria polymorpha*, le *Stemphylium piriforme*, le *Spicaria elegans*, qui n'avaient pas été jusqu'à ce jour classés comme papyricoles.

Les espèces isolées par nous constituent donc une *florule particulière à ce milieu très spécial qu'est le papier.*

CHAPITRE IV

ORIGINE DES MOISISSURES

Pourquoi le papier, introduit dans un milieu aseptique, moisit-il? Le moment tardif auquel apparaissent les colonies papyricoles et l'extrême rigueur des techniques nous permettent d'écarter l'hypothèse d'une contamination accidentelle au cours des expériences.

Il faut donc admettre que les papiers *renferment constamment, dans leur épaisseur, des germes vivants.*

Nous voyons, d'ailleurs, des preuves de cette assertion dans les arguments suivants :

a) L'inspection, à l'œil nu ou à la loupe, de papiers récemment manufacturés démontre la présence de taches minuscules, de teinte variable (noirâtres, brun foncé, ocre, brun rougeâtre, verdâtres, etc.), parfois entourées d'une zone colorée. Souvent peu perceptibles à la lumière directe, elles sont facilement visibles par transparence. Elles ont, quelquefois, un certain relief appréciable au toucher. Quelques-unes d'entre elles sont composées de débris organiques ou inorganiques ; mais un grand nombre d'autres sont constituées par un élément mycosique et susceptibles de s'accroître dans des conditions favorables (1).

b) Parfois même, les papiers étaient en apparence immaculés,

(1) Après prélèvement et ensemencement sur un tube de carotte, par exemple, ou simplement en plaçant aseptiquement l'échantillon dans une atmosphère humide. Quelquefois la tache, reportée sur un milieu nutritif, ne se développe pas. C'est qu'alors le mycélium était mort, généralement par dessiccation, ou que la tache n'était pas due à un champignon.

mais un examen systématique, fait au microscope, montrait, en quelques points, des éléments mycosiques s'infiltrant entre les fibres de cellulose.

c) Les prélèvements, pratiqués sur un de ces petits points dont nous avons signalé la présence à la surface des papiers neufs (les pages d'un livre par exemple), donnent toujours les mêmes champignons : *Acrostalagmus, Cladosporium, Stemphylium, Stachybotrys, Fusarium,* etc.

d) Ce sont précisément ceux que l'on obtient en faisant moisir des échantillons en milieu aseptique (Boîtes de Pétri, etc.). On a donc le droit de les considérer comme des *champignons spécifiques* du papier.

L'existence de champignons véritablement charticoles est d'autant plus admissible que certaines espèces ont été trouvées exclusivement sur papier (1) et n'ont pas été jusqu'à ce jour signalées comme vivant sur un autre substratum.

C'est le cas de : *Nectria Westhoffiana* P. Henn et Lind., *Chætomium microsporum* Speg., *Ch. megalocarpum* Bainier, *Ch. indicum* Corda, *Ch. spirochæte* Palliser, *Chætomidium phyllactineum* Bainier, *Sordaria papyricola* Wint., *Pleospora chartarum* Fuckel, *Pl. obtusa* (Fuck.) v. Höhn., *Leptosphæria fibrincola* v. Höhn. et Rehm., *L. papyricola* Ell. et Ev., *Metasphæria chartarum* Sacc. et Syd., *Myxotrichum chartarum* Kunze.

Ocellaria charticola Feltg., *Phragmonævia charticola* Feltg., *Belonidium subcarneum* Rehm., *Helotiella papyricola* Ell. et Ev., *Humaria alpigena* Lindau, *Pyronema chartarum* Quel., *Ascophanus chartarum* Kirschst.

Phoma chartarum B. et C., *Pyrenochæta tarda* Sacc., *P. papyricola* Ell. et Ev., *Chætomella atra* Fuck., *forma charticola* F. Tassi, *Sacidium chartarum* Sacc. et Penz.

Malbranchea pulchella Sacc. et Penz., *Oospora propinquella* Sacc., *Cephalosporium charticola* Lindau, *Penicillium brevicaule* Sacc., *Gliocladium compactum* Cooke et Mass., *Gl. roseum* Bainier, *Briarea orbicula* (Corda) Bonord., *Sporotrichum roseolum* Oud. et Beij., *Botrytis papyrogena* Ell. et Barth.

Torula asperula Sacc., *T. chartarum* (Link) Corda, *Periconia*

(1) Nous faisons abstraction des papiers imbibés de substances étrangères, telles que jus de fruits, fromage, etc.

minima (Cooke) Sacc., *P. alternata* (Berk.) Sacc., *P. Desmazieri* (Fries.) Bonord. *Stachybotrys alternans* Bonord., *St. papyrogena* Sacc., *St. asperula* Mass., *Trichosporium chartaceum* (Pers.) Sacc., *Tr. binucleatum* Karst., *Haplographium chartarum* (Cooke) Sacc., *Cladosporium papyricolum* B. et Br., *Heterosporium cladosporioides* Ell. et Ev., *Coniothecium charticola* Fuck., *Sporodesmium chartarum* B. et C., *Stemphylium asperosporum* Cooke et Mass., *Macrosporium chartarum* Peck.

Chordostylum bissoides Tode, *Epicoccum reticulatum* Cooke.

Quelle est dès lors l'origine première des germes?

1° *Ils proviennent, dans certains cas, des matériaux primitifs* (bois, etc.) *employés à la préparation des pâtes.* Cette hypothèse est d'autant plus vraisemblable qu'un grand nombre des espèces étudiées (le *Cladosporium herbarum* par exemple) vivent sur toutes sortes de fibres végétales et peuvent être retrouvées si on fait moisir des pâtes.

2° Ils peuvent être dus à la *contamination* du papier, soit au cours de sa fabrication, soit plus probablement, quand il est terminé (1). Nous revenons sur ces points importants dans la troisième partie de ce travail.

***

Sous quelle forme les moisissures préexistent-elles dans le papier?

L'étude, faite au microscope ou au binoculaire, d'un papier piqué (un livre qui ne soit pas trop ancien, par exemple), démontre que les espèces végètent dans les fibres sous des états assez différents.

1° Elles peuvent présenter une FORME PARFAITE, comme c'est le cas des *Chætomium* et du *Myxotrichum chartarum.*

La plupart du temps, à vrai dire, le champignon n'est pas entier, surtout s'il est volumineux ; il est brisé ou écrasé, mais peut cependant être reconnu par la présence d'un débris caractéristique (poils, asques, ou ascospores, etc.).

2° Les moisissures (les *Stachybotrys*, par exemple) se trouvent

(1) Nous avions cru tout d'abord que l'infection était toujours primitive (Pierre SÉE, *Sur les moisissures causant l'altération du papier*, Ac. Sc., T. CLXIV, 24 janvier 1917, p. 230). Mais nous avons reconnu depuis que cette opinion est trop absolue.

souvent à l'état de SPORES, que l'on met facilement en évidence en dilacérant le papier. L'appareil végétatif est alors réduit au minimum.

3° Parfois aussi, elles se présentent sous une forme de conservation fragmentée, cutinisée et enkystée, qui n'est pas sans rappeler les ÉTATS FUMAGOÏDES. Cette éventualité, qui s'observe fréquemment chez les *Alternaria*, les *Stemphylium*, etc. est la règle quand le mycélium de ces champignons est très vieux. La moisissure est alors méconnaissable, tous les états fumagoïdes ayant un aspect commun, et sa diagnose n'est possible qu'après repiquage et culture.

4° Le champignon, enfin, peut donner exclusivement des FILAMENTS STÉRILES. C'est le cas des deux *Fusarium* que nous avons isolés.

Fréquence relative de chacune des moisissures dans le papier.

Les champignons que nous avons récoltés le plus souvent sont les *Stemphylium* et les *Cladosporium*. Les *Chætomium* sont aussi très banaux. Viennent ensuite, avec une fréquence à peu près égale, les *Stachybotrys*, les *Fusarium*, les *Alternaria*, puis les *Stysanus*, l'*Acrostalagmus cinnabarinus* et la *Torula chartarum*.

Nous avons vu plus rarement le *Spicaria*, le *Cephalothecium roseum* et le *Myxotrichum chartarum*. Enfin, nous n'avons observé qu'une seule fois, malgré son ubiquité, le *Dematium pullulans*, ainsi que l'*Aspergillus brunneofuscus* et l'*Aspergillus sulphureus* Desm.

L'étude botanique détaillée de toutes ces espèces papyricoles fait l'objet des pages qui vont suivre.

CHAPITRE V

ÉTUDE BOTANIQUE DES CHAMPIGNONS PAPYRICOLES

CHÆTOMIUM

Les *Chætomium* sont parmi les plus répandus des champignons papyricoles. Ils poussent, de préférence, sur les papiers de médiocre qualité (buvard ordinaire, papier à envelopper, etc.) et le carton. Nous les avons trouvés aussi sur du papier destiné à l'impression et sur les pages d'une brochure moisie.

Nous ne ferons pas ici l'exposé des beaux travaux de van Tieghem (1), de Zopf (2), ni de ceux d'Oltmann (3); etc., car leur exposé sortirait du cadre de ce travail. Nous nous bornerons à étudier brièvement les espèces que nous avons isolées.

Chætomium bostrychodes Zopf.

Il constitue une espèce très commune. Nous l'avons récolté sur buvard, sur divers papiers assez grossiers qui enveloppaient des livres, etc. Il a été décrit par Zopf (4).

Les périthèces sont brun noirâtre, ovoïdes. Leur taille peut atteindre 340 μ sur 220 μ, mais ils sont parfois très petits et mal développés, surtout dans les cultures massives.

L'ostiole est petit et garni de courtes papilles hyalines.

Les rhizoïdes sont peu nombreux, rectilignes.

Le chevelu du sommet est fort épais. Les poils sont bruns ou noirâtres, cloisonnés, légèrement incrustés d'oxalate de chaux. Selon

(1) Van Tieghem. — Nouvelles observations sur le développement du périthèce des *Chætomium*. *Bulletin Société Botanique de France*, T. XXIII, 1876, p. 364.
— Sur le développement du fruit des *Chætomium* et sur la prétendue sexualité des Ascomycètes. *Académie des Sciences*, T. LXXXI, 1875, p. 1110.

(2) Zopf. — Zur Entwickelungsgeschichte der Ascomyceten, p. 213.

(3) Oltmann. — Entwickelung der Perithecien in der Gattung *Chætomium*. Botanische Zeitung. Vol. 45, 1887, pp. 193-209-225-249-265.

(4) Zopf. — *Loc. cit.*, p. 277.

Bainier (1), ils ont 5-6 μ de large et sont enroulés en une spirale mesurant 56 μ de diamètre à la base.

M. Bainier décrit, de plus, dans cette espèce, un second type de fulcres, plus grêles que les précédents (2,8 μ de diamètre), lisses, cloisonnés et presque incolores ; ils s'enrouleraient à leur sommet en une spirale régulière et se termineraient par une longue pointe effilée. Nous ne les avons, pour notre part, pas observés.

Les poils ornant la partie moyenne du périthèce sont, ainsi que l'indique Bainier, rigides, cloisonnés, rectilignes, bruns, plus foncés et plus gros à leur partie inférieure qu'au sommet, incrustés d'oxalate de chaux. Leur diamètre est de 5,6 μ à la base.

Les asques ont la forme d'une massue. Ils mesurent 50 μ de hauteur sur 12 μ de largeur et sont octosporés.

Les ascospores sont brun olive, presque sphériques, apiculées. Elles mesurent 6 μ × 5, environ. Vues de profil, elles ont une forme elliptique.

Ce *Chætomium* pousse bien sur les milieux liquides. En tube Borrel, il donne un voile très solide, à la surface duquel on trouve de nombreux périthèces.

Il ne produit pas de conidies.

Chætomium Kunzeanum Zopf.

Nous l'avons récolté sur divers papiers et sur du carton. Il donne, au début, un mycélium blanc très abondant, dont l'existence a été signalée par Zopf (2). Il conserve parfois, sans que nous ayons pu en déterminer la raison, cette forme filamenteuse. Le fait, d'ailleurs, ne semble pas exceptionnel chez les Ascomycètes, car nous l'avons observé, notamment, pour le *Myxotrichum chartarum*.

Les périthèces du *Chætomium Kunzeanum* sont brun noir, ovoïdes et mesurent, selon Zopf, 300 μ de hauteur maximum, sur 250 μ de largeur.

L'ostiole est court, hyalin et garni de papilles.

Les poils situés à son voisinage sont bruns, incrustés de sels calcaires, longs, simples, ondulés et dessinent des sinusoïdes.

Les rhizoïdes sont brunâtres.

Les poils qui hérissent la surface du périthèce sont simples et

(1) Bainier. — Mycothèque de l'École de Pharmacie. *Bulletin Société Mycologique de France*, T. XXV, 1910, p. 209.

(2) Zopf. — *Loc. cit.*, p. 213.

ont un diamètre de 2 μ, selon Bainier. Presque rectilignes au niveau des régions moyenne et inférieure, ils sont très ondulés près de l'ostiole.

Les asques, en forme de massue, possèdent un pédicelle plus ou moins long et renferment huit spores. Ces dernières sont brun noirâtre, nettement apiculées et mesurent 11 μ × 8. Vues de profil, elles ont 6 à 7 μ de largeur.

Le *Chætomium Kunzeanum*, comme l'a démontré Zopf, donne des chaînettes de conidies.

Ajoutons, enfin, qu'il pousse aisément et fructifie sur papier.

Chaetomium chartarum (Berk.) Winter, nec Ehrenberg.

Nous avons récolté ce champignon sur une brochure moisie, où il végétait en compagnie du *Myxotrichum chartarum*.

Les périthèces, toujours nombreux, sont brun olive foncé ou noirs. Ils ont la forme d'une sphère, d'un diamètre de 182 μ, selon Bainier.

Le col de l'ostiole est court. Il surmonte le périthèce et en est séparé par un petit étranglement circulaire (Bainier) (1).

Les poils existent exclusivement sur ce col. Ils sont brun foncé, raides, divergents, cloisonnés. Ils sont, de plus, divisés en dichotomie, mais l'une des branches est souvent absente. Leur diamètre est de 3 à 4 μ. Ils présentent, à leur sommet, un renflement piriforme incolore, mesurant, selon Bainier, 11-14 μ × 5.

Les poils donnent des rameaux, latéraux ou terminaux, qui portent des conidies. Ces dernières sont sphériques ou elliptiques, brun clair et forment des glomérules à l'extrémité des conidiophores.

Les asques sont cylindriques, pédicellés et mesurent 70 μ × 6—7. (Le chiffre de 5 à 6 μ de largeur, indiqué dans Rabenhorst nous paraît un peu faible.) Ils contiennent huit spores, placées sur un seul rang.

Les ascospores sont noirâtres, lisses, ovales et mesurent 7,5 μ à 8,5, sur 5 μ à 6,5.

Bainier indique les chiffres suivants : 8,4 à 9,8 μ sur 5,6 à 8,4 μ ; nous les croyons trop élevés.

Les spores, en germant, donnent des hyphes aériennes, noi-

(1) Bainier. — *Loc. cit.*, p. 221.

râtres, présentant des divisions dichotomiques complètes, qui ont été décrites sous le nom d'*Ascotricha chartarum.*

Le *Chætomium chartarum* (Berk.) Winter ne secrète pas de pigment diffusible, car les liquides de culture (bouillon de carotte, milieu artificiel), en tube Borrel, demeurent sans modification de teinte.

MYXOTRICHUM

Myxotrichum chartarum Kunze.

Le genre *Myxotrichum* a été décrit pour la première fois par Kunze et Schmidt (1), dans un ouvrage qui a paru de 1817 à 1823. Mais il était mal délimité et comprenait des champignons si disparates qu'il fut plus tard démembré.

Corda (2), en 1854, détacha le *Myxotrichum chartarum* des autres *Myxotrichum* et créa pour lui le genre *Actinospira* (ou *Oncidium* Nees, non Schwartz). Cette réforme, comme le fait remarquer M. Costantin (3), était parfaitement justifiée, mais on n'en tint pas compte ultérieurement.

L'histoire systématique du *Myxotrichum chartarum* est très intéressante, car ce champignon a été placé successivement dans les groupes les plus divers. Corda (4) en fait un Hyphomycète de la famille des Sporotrichacées, le rapproche du *Sporotrichum chartaceum* Pers. (ou *Torula chartarum* Link) et figure les spores insérées, comme des conidies, le long de poils ornementaux « en ramures de cerf ». Preuss (5) assure que les hyphes « portent à leurs extrémités des amas de spores ».

L'erreur commise par ces auteurs s'explique par le fait qu'une substance mucilagineuse fait adhérer les spores aux poils.

Saccardo (6) décrit des glomérules de spores. « Ces dernières étant, à l'origine, entourées d'une membrane », il classe le champignon à côté des Mucorinées (!)

D'autres mycologues cherchent à rattacher le *Myxotrichum chartarum* à une forme parfaite.

(1) Kunze et Schmidt. — *Mycologische Hefte*, II, p. 110.
(2) Corda. — *Icones Fungorum*, T. VI, p. 7, pl. ii, fig. 23.
(3) J. Costantin. — *Bulletin Société Botanique de France*, Vol. XXXVIII, 1891, p. 344
(4) Corda. — *Loc. cit.*
(5) Preuss. — *Deutschland Flora Pilze*, VI, p. 79.
(6) Saccardo. — *Sylloge Fungorum*, IV, p. 317.

Fuckel (1) le considère comme une forme conidienne du *Chætomium Kunzeanum* Zopf.

Fries estime qu'il est un état du *Chætomium chartarum*.

Cette confusion faite par les mycologues entre le *Myxotrichum* et le *Chætomium* est aisément explicable, les deux genres ayant, au premier abord, de grandes ressemblances et attirant l'œil par la présence de poils ornementaux plus ou moins compliqués. Elle semble avoir été remarquée par Zopf (2), car dans son traité des Ascomycètes il dit, sans en donner d'ailleurs la preuve, « que le *Chætomium gelatinosum* Ehrbg. est probablement un *Myxotrichum* ».

Ch. Richon (3) croit que le « *Myxotrichum chartarum* est plutôt « la forme conidienne de *Cephalotheca sulfurea* Fuckel, que celle « de *Chætomium chartarum* ».

Quelques années plus tard, Em. Boulanger (4), revenant à l'opinion de Fries, assure que le « *Chætomium chartarum* Winter « a une forme conidienne qu'on appelait autrefois *Myxotrichum* « *chartarum* ».

Rabenhorst (5), en 1892, doit reconnaître que le genre *Myxotrichella* ou *Myxotrichum* est encore mal connu, et, tout en décrivant des conidies, de naissance d'ailleurs inconnue, il estime que certaines espèces, comme le *Myxotrichum chartarum* et la *Myxotrichella cancellata*, appartiennent sans doute aux Gymnoascées.

Schröter (6), après une étude sérieuse, dit M. Matruchot (7), fait « rentrer dans la famille des Gymnoascées le genre *Myxotrichum* Kunze par l'espèce type *Myxotrichum chartarum* ».

Fischer (8) place également notre champignon dans les Gymnoascées. Il reconnaît l'existence d'ascospores, mais ne signale pas de conidies. Cette manière de voir est conforme à la réalité.

Description. — Cultivé en tube Borrel, le *Myxotrichum* que nous

(1) Fuckel. — *Symbolæ Mycologicæ*, p. 89.

(2) Zopf. — *Zur Entwickelungsgeschichte der Ascomyceten*, p. 204.

(3) Ch. Richon. — Description de deux espèces du genre *Cephalotheca* Fuckel. *Bulletin Société Mycologique de France* N° 5, 1889, pp. 103-111.

(4) Ém. Boulanger. — Sur une forme conidienne nouvelle dans le genre *Chætomium*. *Revue générale de Botanique*, T. IX, 1897, p. 25.

(5) Rabenhorst. — *Fungi Imperfecti*, VIII, p. 714.

(6) Schröter. — *Kryptogamen Flora von Schlesien*, 1893.

(7) L. Matruchot et Dassonville. — *Eidamella spinosa*. *Bulletin Société Mycologique de France*, N° 17, 1901, pp. 122-133.

(8) Fischer. — *In Engler* et *Prantl* I, 1, p. 295.

avons recueilli sur une vieille brochure (1), apparaît d'abord sous la forme d'un lacis de filaments blancs, neigeux, stériles, qui prennent naissance autour du point ensemencé. Ce début de développement rappelle celui que Zopf (2) a observé dans le genre *Chætomium*.

Le mycélium forme peu à peu de petits amas, de contour circulaire, légèrement bombés et qui flottent sur le liquide.

Les cultures peuvent rester assez longtemps pauvres, mais elles finissent par couvrir le milieu nutritif d'un voile mince, blanchâtre, parfois incomplet, un peu gélatineux (qui a valu au genre sa dénomination) et parsemé de petits points noirs, visibles à l'œil nu, qui sont les *Myxotrichum* adultes.

D'une manière générale, les périthèces apparaissent au bout de six semaines environ, spontanément en été et seulement dans l'étuve pendant l'hiver. Une température de 20° semble donc nécessaire à leur formation.

Les asques se développent avant les poils ornementaux. Ce fait n'avait pas échappé à Fries, Wallroth, Cooke, Fuckel et Saccardo, mais ils n'avaient pas su l'interpréter de façon exacte et avaient notamment méconnu la nature véritable des enveloppes sporifères.

Le *Myxotrichum* adulte est maintenant parfaitement connu grâce à l'excellente description qu'en a donnée M. Costantin (3). Il est composé de petites masses sphériques, de 500 à 700 μ de diamètre, d'après cet auteur, atteignant un millimètre et gris-vert, selon Fischer, et où l'on distingue :

a) Un glomérule central d'asques ;

b) Un réseau élégant de filaments noirs ;

c) De grandes crosses dirigées radialement vers l'extérieur.

a) Le glomérule central, entrevu par Corda (4), a une coloration jaunâtre. Il est formé d'un grand nombre d'asques. Leur membrane se gélifie de façon précoce, comme dans le genre *Gymnoascus* et ils renferment huit spores.

Les asques, comme le fait peut s'observer sur des glomérules

(1) Nous devons des brochures anciennes et moisies à l'aimable obligeance de M. Boyer, rédacteur à « La Nature ».

(2) Zopf. — *Loc. cit.*

(3) J. Costantin. — *Myxotrichum chartarum* Kunze et Schmidt. *Bulletin Société Botanique de France*, Vol. XXXVIII, 1891, p. 345.

(4) Corda. — *Actinospira chartarum* Corda. Vol. VI, p. 7, Pl. II, fig. 23.

jeunes, à l'aide de l'objectif à immersion, sont les parties terminales renflées de filaments extrêmement fins. Quand ils sont adultes, ils ont, selon Fischer, 6-8 × 5-7 μ.

Les spores sont ovoïdes et mesurent 4-5 × 2,5 — 3 μ. Elles sont presque incolores ou présentent une teinte jaune pâle, et sont disposées en une ellipse large.

Dans les vieilles cultures, la paroi des asques a disparu. Mais les huit ascospores adhérant encore les unes aux autres, ont conservé leur situation primitive ; ce mode de groupement ascosporé en sphère ou en ovoïde court suffit à caractériser une Gymnoascée. (Pl. I, fig. 2.)

Le diamètre de la région interne est de 60 à 100 μ.

b) Le réseau est formé de filaments noirs ou brun foncé, dont les branches se divisent dicho- ou trichotomiquement.

Les ramifications qui se trouvent sur le bord de l'asque donnent, vers la périphérie, une sorte de parallélipipède qui se trifurque, chaque branche se séparant elle-même en trois pointes divergentes.

Toutes les extrémités se trouvent à peu près inscrites dans une sphère mesurant 500 à 700 μ de diamètre.

c) Crosses. Certains poils s'infléchissent en crosses (« en ressort de montre », dit Fischer) et dépassent les limites de l'asque. Ils donnent souvent insertion, sur leur convexité, à une autre crosse.

Les poils mesurent environ 150 μ de longueur. Leur calibre, de 2,6 μ à la partie inférieure, augmente au début de la spire et atteint 7,2 μ au sommet de la courbe.

La spire se termine en pointe. (Pl. II, fig. 1.)

Affinité. Le *Myxotrichum chartarum* est, selon M. Costantin, très voisin du *Gymnoascus uncinatus* Eidam ou *Myxotrichum uncinatum*. Il doit également être rapproché du *Myxotrichum æruginosum* Montagne.

EIDAMELLA

Eidamella spinosa Matr. et Dass.

Nous avons prélevé cette espèce sur une brochure moisie. Le seul échantillon que nous ayons pu recueillir était mort, mais parfaitement conservé.

L'*Eidamella spinosa* a été découverte, en 1901, par MM. Matru-

CHOT et DASSONVILLE (1) et on lit, dans le *Bulletin de la Société Mycologique*, la description qu'ils en ont donnée.

Le nouveau genre doit être placé au voisinage des *Myxotrichum*. Il en diffère par l'absence de poils recourbés en crochets, la présence, sur les pointes terminales et les épines latérales, de prolongements incolores (avec spirales hyalines dans les périthèces jeunes), l'existence d'asques relativement volumineux, pédicellés et non sessiles, et enfin par la forme des ascospores.

La seule espèce connue, l'*Eidamella spinosa*, a été trouvée par MM. MATRUCHOT et DASSONVILLE sur les téguments du chien. C'est donc un fait intéressant et nouveau que nous ayons pu la recueillir sur du papier moisi.

ASPERGILLUS

Aspergillus brunneofuscus (n. sp.) P. Sée.

Ce champignon, ensemencé, après prélèvement direct sur papier filtre neuf, a donné d'emblée une culture pure. Il est très vivace et pousse rapidement sur les milieux usuels. Les gazons sont d'un brun noirâtre, presque noirs.

Le mycélium, vu au microscope, est brun rougeâtre, très foncé, septé.

Les pieds sporifères présentent des cloisons, fait rare chez les *Aspergillus*. Elles sont irrégulièrement disposées et assez tardives.

Les conidiophores sont, en outre, dressés, parfois ramifiés. Ils ont 150 × 10-15 μ. La tête renflée qui les surmonte est ovoïde ou presque sphérique et mesure 35 à 40 μ de diamètre.

Les stérigmates ou phialides (2), toujours simples, affectent la forme d'une quille ; ils sont insérés uniquement sur le *sommet* de la vésicule. Leurs dimensions sont : 20 à 25 μ de longueur sur 6 à 8 μ de diamètre transversal dans leur portion la plus large. (Pl. I, fig. 9, 10, 12.)

(1) L. MATRUCHOT et DASSONVILLE. — *Eidamella spinosa*, dermatophyte produisant des périthèces. *Bulletin Société Mycologique de France*, T. XVII, 1901, pp. 123-132.

(2) On peut appeler phialides, comme l'a proposé M. VUILLEMIN (Les Conidiosporés *Bulletin Sciences de Nancy*, 3e série, XI, pp. 129-172. Matériaux pour une classification rationnelle des *Fungi imperfecti*, Comptes rendus Académie des Sciences, T. CL, 4 avril 1910, p. 882) le « rameau qui sert de support immédiat aux conidies et qui a la forme d'un flacon avec ventre et col ».

Les spores sont échinulées, sphériques (15 μ de diamètre environ) ou, plus souvent, ovoïdes (12-18 × 8-15 μ). (Pl. I, fig. 11.)

La tête sporifère, avec les conidies adhérentes, a un diamètre de 75 μ environ.

Le champignon secrète rapidement un pigment brun grenat foncé, très abondant, dont le pouvoir tinctorial est si marqué qu'il colore fortement le liquide des préparations.

Périthèces. Cultivée en tube Borrel, la moisissure présente, par places, un enchevêtrement de filaments et des sortes d'œufs jaunâtres, granuleux, qui sont des débuts de périthèces.

Ce champignon, à notre avis, ne se rapporte exactement à aucune espèce connue.

Dans l'*Aspergillus fuscus* Bonord., en effet, les conidiophores ne sont pas septés et les stérigmates sont insérés en rayons. (L'espèce est d'ailleurs douteuse, selon Rabenhorst.)

L'*Aspergillus echinosporus* Sorok. a des phialides très courtes et papilliformes.

L'*Aspergillus brunneus* Delacr. possède des hyphes et des conidies échinulées de même taille que notre champignon, mais la vésicule est plus grosse. Les phialides, par contre, sont plus petites (12-18 × 5-7 μ seulement) ; elles ne sont pas en forme de quille et s'insèrent assez bas sur la vésicule. Le champignon, enfin, est d'abord « *glaucescens* » avant d'être brun.

Dans l'*Aspergillus purpureofuscus* Schw., les hyphes et les conidies sont noir-pourpre, mais ces dernières ne sont pas échinulées, et en outre, caractère que nous n'avons pas observé, pâlissent avec le temps.

L'*Aspergillus fuliginosus* Peck est insuffisamment caractérisé (description trop brève, absence de figure).

L'*Aspergillus circinatus* Mangin (1) possède, comme notre espèce, des conidiophores cloisonnés et des conidies échinulées, mais il en diffère par d'autres caractères, et surtout par l'existence de pédicelles recourbés.

Nous avons donc appelé cette espèce non encore décrite *Aspergillus brunneofuscus*.

(1) *Bulletin Société Mycologique*, T. XV, p. 22.

Aspergillus sulphureus Desm.

Ce champignon a été récolté sur du papier à cigarettes et, d'autre part, sur des placards imprimés.

Les gazons, d'abord jaunâtre clair, foncent en vieillissant.

Les filaments rampants sont hyalins, jaunâtres, cloisonnés. Leur diamètre est d'environ 2,5 × 3,5 μ.

Les conidiophores, dressés, sont souvent rassemblés en sortes de gerbes. Ils sont simples, non septés, hyalins, incolores et ne présentent aucune granulation pigmentaire. Leurs dimensions sont de 230 × 4-5. L'espèce est donc assez petite.

La vésicule est en forme de poire retournée (20-30 μ × 15-20 et généralement 30 × 20), ou sphérique (20 à 30 μ de diamètre).

Les sterigmates sont bifurqués.

Les spores, à peu près sphériques, sont jaunâtres ou jaune brun, lisses et comptent 2,5 à 3 μ de diamètre. Elles sont réunies en chaînettes, sans pièces intermédiaires.

Les chapelets sont très longs, solides, disposés en rayons autour de la vésicule.

La tête sporifère, munie de ses conidies, a un diamètre de 50 μ environ.

Les cultures en tube Borrel donnent un voile mamelonné, pulvérulent, assez fragile. Le liquide est coloré par un beau pigment jaune.

La partie immergée est très réduite, presque nulle. Toutefois on trouve, immédiatement au-dessous de la surface du liquide, un mycélium de calibre un peu irrégulier, sensiblement plus gros que les filaments aériens, enchevêtré et coloré en jaune rougeâtre vif.

Nous n'avons jamais observé de périthèces.

Notre espèce peut être rapportée à l'*Aspergillus sulphureus* Desm., autant que le permet la description assez insuffisante donnée par l'auteur (1)

(1) *Aspergillus sulphureus* Desm. *in* Saccardo, T. XI, p. 592.

ACROSTALAGMUS

Acrostalagmus cinnabarinus Corda.

Cette espèce a poussé sur des papiers de qualité ordinaire (papier à envelopper, etc.). Nous l'avons trouvée aussi sur des cartons (boîtes, couvercles, couvertures de livres) et une fois, notamment, en compagnie d'un *Chætomium.*

Elle doit, selon Rabenhorst, être rangée dans la famille des Mucédinacées, division des Hyalosporées, sous-division des Verticillées.

Elle se développe avec facilité sur les milieux habituels. Les cultures sont riches et ont une belle couleur jaune rouge, rappelant celle de la brique.

Le mycélium rampant est cloisonné, ramifié et enchevêtré.

Les conidiophores sont dressés, rigides, cloisonnés, rouge brique et « présentent, dit M. Costantin (1), à différentes hauteurs des « verticilles très réguliers de rameaux plus nombreux et plus longs « dans la partie inférieure, de sorte que l'ensemble de l'arbuscule « est assez régulièrement conique ».

Les ramifications primaires sont au nombre de quatre ou cinq et portent plusieurs étages de ramifications secondaires. Ces dernières, au nombre de trois ou quatre, en général, et groupées également en verticilles, affectent la forme d'une pyramide.

Les dimensions sont 12-14 × 3-4 μ.

Les conidies, situées aux extrémités des branches, sont, selon Rabenhorst, ellipsoïdes, émoussées à leurs deux pôles, d'abord roses, puis hyalines, petites (3-4 × 1,5 μ) et ne renferment pas de gouttelettes d'huile. Elles gélifient leur membrane à sa partie périphérique et le mucilage ainsi formé les agglomère en petites sphères, qui simulent des sporanges.

Stables dans l'air sec, ces sphères se dissolvent dans l'eau et leur disparition permet alors d'apercevoir la pointe des rameaux dépourvus de spores.

L'appareil végétatif aérien n'a, dans aucune condition de culture, donné de forme qui rappelât le *Cephalothecium roseum.*

La partie immergée, en tube Borrel, est composée de filaments blanchâtres, minces, mais irrégulièrement calibrés, enchevêtrés,

(1) J. Costantin. — *Les Mucédinées simples*, p. 117.

avec quelques chlamydospores. Elles sont, du reste, selon PLANCHON (1), assez fréquentes chez l'*Acrostalagmus cinnabarinus*.

Absence de forme fumagoïde. GUEGUEN (2) assure que l'*Acrostalagmus Vilmorinii* Gueguen, forma *Thomensis*, végétant sur des graines de cacoyer, s'enkyste en *Fumago*. Ce phénomène a toujours fait défaut dans notre espèce.

Forme corémiée. Nous avons constaté fréquemment l'existence d'anastomoses entre deux filaments voisins. Ils communiquent alors par un diaphragme percé de trous, et dont la membrane peut être aperçue en maniant la vis micrométrique du microscope. L'espèce a donc une tendance à la corémiation. EIDAM (3) a, du reste, décrit une forme corémiale d'*Ascrotalagmus* et l'a désignée sous le nom de *Verticillium ruberrinum*.

Nous avons aussi observé une forme faussement corémiée, semblable à celle que nous décrivons à propos des *Stachybotrys*, etc. Dans certains cas, en effet, la culture était envahie par un *Fusarium* blanc, stérile, agrégé, dont les ramifications portaient, à la manière d'un tuteur, des filaments simples d'*Acrostalagmus*.

Forme parfaite. M. CORNU (4), dans un travail sur la reproduction des Ascomycètes, assure que les *Acrostalagmus*, *Verticillium*, *Cylindrophora*, *Acremonium* seraient des formes conidiennes d'espèces voisines des *Hypomyces*. Cette opinion est, en partie, confirmée par les études de VUILLEMIN (5), qui a montré le lien reliant les *Acrostalagmus* et les *Nectria*.

SPICARIA

Spicaria elegans (Corda) Harz. var. nov. **flava** P. Sée.

Nous avons récolté cette espèce sur une feuille de papier buvard. Elle se développe dans la nature, sur les écorces de Conifères pourris, constatation intéressante, puisque le bois de ces arbres entre dans la composition de maintes pâtes à papier.

(1) PLANCHON. — *Influence du milieu sur les Dématiées*, p. 40.

(2) F. GUEGUEN. — Sur une « fumagine » ou « noir » des graines de cacaoyer de San Thomé, produit par un *Acrostalagmus*. *Bulletin Société Mycologique de France*, Vol. XXVI, 1910, pp. 287-297.

(3) EIDAM. — *In* Costantin, *loc. cit.*, p. 117.

(4) CORNU. — *In* Costantin, *loc. cit.*

(5) P. VUILLEMIN. — *Etudes biologiques sur les champignons*, p. 81.

Elle appartient, selon Rabenhorst (1), aux Mucédinées, division des Hyalosporées, sous-division des Verticillées.

Elle pousse aisément sur les milieux usuels : carotte, bouillon de carotte, solutions artificielles avec peptone, etc. Son développement est assez rapide.

Les cultures ont une couleur brun clair, rappelant le café au lait léger, et un aspect pulvérulent, dû à la présence d'innombrables spores.

Les hyphes stériles sont rampantes, cloisonnées.

Les filaments fertiles sont dressés et septés.

Le mycélium, qui apparaît incolore au microscope, est long et relativement grêle. Les cloisons sont nettes et assez espacées.

En cellule van Tieghem, on voit quelques anastomoses largement dessinées en « barreaux d'échelle », réunissant des filaments parallèles : mais jamais on ne constate de forme corémiée proprement dite.

Les articles présentent par places, et de préférence au voisinage des ramifications fructifères, un caractère assez particulier. Plus ou moins renflés à leur partie supérieure, ils voient, en effet, leur largeur diminuer de haut en bas. Ils communiquent ainsi au mycélium un aspect de quilles ou de massues superposées. (Pl. I, fig. 3.)

Les filaments, parfois, deviennent anguleux et ne sont pas sans rappeler ceux de *Cladosporium*.

Les gouttelettes d'huile s'observent assez fréquemment. On en compte généralement une ou deux par article.

La disposition des ramifications du mycélium est fort intéressante. Elle n'a d'ailleurs été étudiée que de façon incomplète par les mycologues. (Pl. I, fig. 5.)

Les filaments fertiles sont ramifiés en « grappe de verticilles », dont les pièces constitutives doivent, à notre avis, être décrites schématiquement de la manière suivante :

1° Les filaments principaux, composés généralement d'éléments en forme de quille, constituent l'axe principal ou primaire. Ils sont toujours indépendants et n'ont jamais de tendance à la corémiation. Leurs dimensions sont, pour un article, en moyenne de 25-50, le plus souvent 30-35 × 6-8 μ.

(1) Rabenhorst. — *Fungi imperfecti*, VIII, p. 349.

Cet axe primaire présente :

α A son sommet, un verticille de quatre phialides (le nombre n'en est pas absolument fixe) (verticille terminal).

β Sur son trajet, des verticilles « intercalaires ». Leur axe se confond donc avec l'axe primaire, sur lequel sont directement insérées les phialides.

Il n'est pas très rare d'observer deux étages superposés de ces verticilles.

γ Sur son côté, et le cas est fréquent, des groupements de verticilles complexes (verticilles latéraux).

Le filament inséré sur l'axe principal se divise en effet, à son extrémité distale, en plusieurs rameaux courts (un médian et deux, parfois trois, divergents) et chacun d'eux porte un verticille de phialides. La pièce « porte-phialide » médiane est rectiligne ; les articles qui sont à son côté, par contre, présentent une courbure dont la concavité est tournée vers l'axe du verticille latéral.

L'ensemble rappelle un chandelier à plusieurs branches.

Les porte-phialides mesurent en moyenne 18 μ × 2-2,5. Le dessin 3 de la planche I nous montre la phialide médiane semblant plus longue que les autres. Elle est à un stade jeune et bientôt elle s'isole par une cloison, qui apparaît au-dessous de la zone où naissent les phialides latérales.

2° Les filaments latéraux, qui émergent du filament principal et sont parfois très longs, représentent des axes secondaires. Leur mode d'implantation est quelconque, non verticillé. Ils sont comparables, par l'aspect de leurs ramifications, à l'axe principal et portent, comme lui, des verticilles terminaux et intercalaires.

La longueur des articles de l'axe secondaire est de 18 ou 20 μ, parfois 30 μ. Leur largeur, de 2 μ dans la partie étroite ou inférieure, atteint 4 μ dans le voisinage du sommet.

La *Spicaria* forme, avec ses ramifications successives, une sorte de petit arbuscule.

Les phialides affectent la forme d'une quille ou, mieux, d'un fuseau présentant à son extrémité distale un bout olivaire.

Elles sont, nous l'avons dit, groupées en verticilles. Leur nombre, qui est généralement de quatre, atteint quelquefois sept, et, dans d'autres cas, s'abaisse à deux ou trois. Elles mesurent 15 à 25 μ et parfois, quand le cloisonnement est tardif, 30 ou 35 μ de hauteur. Leur largeur est de 2,5 à 3 μ. (Pl. I, fig. 6.)

Mode de formation du verticille. — Voici un cas qui peut être observé couramment. Sur les côtés de l'axe principal, naît un rameau dont l'extrémité se différencie et prend la forme d'une baguette de tambour. C'est la première phialide. Au voisinage de sa base naissent ensuite les autres éléments du verticille.

La phialide axiale est toujours celle qui apparaît la première. On la voit parfois même porter des spores, avant que les autres phialides du verticille ne soient développées.

Les *spores* ou *conidies* sont unicellulaires, non cloisonnées et sont disposées en chapelets. Elles affectent d'abord l'aspect de *fuseaux allongés* ou de noyaux de dattes, mais elles se renflent rapidement et prennent une forme ovoïde. Elles deviennent souvent plus volumineuses que le petit renflement olivaire qui termine la phialide.

Leur teinte brun verdâtre clair tranche sur celle du mycélium, qui est à peu près incolore. Ce sont donc elles qui donnent aux cultures leur coloration particulière. Elles sont vraies, basipètes et mesurent à l'état adulte $5 \times 3\,\mu$ (1).

Les chapelets sont très longs ; ils ont jusqu'à trente et quarante éléments. Ils sont très solides et peuvent se détacher de la phialide sans se briser ; aussi, voit-on, dans les préparations, nager de longues chaînettes de conidies, à l'encontre de ce que l'on observe dans d'autres espèces de *Spicaria (Spicaria ochracea* et *S. farinosa,* notamment).

Les chapelets sont continus et la coloration au bleu coton montre l'absence de disjoncteur. Ils sont souvent ramifiés. (Pl. I, fig. 4.)

La germination n'offre rien de particulier. La spore, après avoir beaucoup augmenté de volume, comme on peut le constater en cellule van Tieghem, donne généralement un seul tube germinatif.

On aperçoit quelquefois des *chlamydospores* sur le trajet des filaments aériens. Elles sont relativement peu nombreuses.

Cultures en tubes Borrel. — Le voile recouvre toute la surface du liquide. Vu au microscope, il a à peu près même aspect que l'appareil aérien. Quelques articles cependant présentent une certaine tendance à la torulation.

Dans la partie immergée, les filaments sont de calibre irrégulier et peu cloisonnés. Leur disposition générale rappelle de loin celle

(1) Ces dimensions concordent avec celles de Saccardo (IV, p. 166). Rabenhorst (*Kryptogamen Flora* VIII, p. 350) donne des chiffres un peu différents ($4\text{-}5 \times 3{,}5\text{-}4\,\mu$).

des parties aériennes et ils possèdent notamment des ébauches de verticilles. Ils ont 2 à 5 μ de large.

Ils présentent des *chlamydospores à parois très épaisses* avec bec, mesurant 13-16 × 5-9 μ et fréquemment 14 × 7 μ. (Pl. I, fig. 7.)

Au fond du tube, on aperçoit de nombreuses formes *toruleuses* et quelques filaments assez gros, de calibre irrégulier, avec des chlamydospores terminales, dont quelques-unes sont munies d'un bec. On voit aussi des sortes de kystes libres.

En cellule van Tieghem, où l'atmosphère est très humide, il n'y a pas d'arbuscules normaux. On y distingue de nombreuses formes toruleuses et quelques chapelets détachés, dont certaines spores sont déjà gonflées, alors que d'autres ont conservé encore leur aspect primitif.

Les *chlamydospores mycéliennes* sont si polymorphes qu'elles méritent une étude spéciale.

Elles sont :

1° *Intercalaires.* — Elles siègent alors, soit dans l'axe, soit sur le côté du filament. Elles sont relativement nombreuses. L'épaisseur de leur paroi, assez marquée en cellule van Tieghem, est très forte dans la profondeur du liquide des tubes Borrel. Elles sont souvent sphériques et mesurent 8 à 10 μ de diamètre.

2° *Terminales.* — On les rencontre en tube Borrel, dans la partie immergée et le fond des cultures. Elles sont arrondies ou ovoïdes (Pl. I, fig. 8) et possèdent souvent à leur extrémité un bec. Leurs parois sont toujours très épaisses.

Notre espèce se rapproche beaucoup de la *Spicaria elegans* (Corda) Harz. Elle en diffère par l'absence de duvet sur les conidiophores et, surtout, par la couleur brun jaunâtre du gazon mycélien. Nous proposons de créer pour elle une nouvelle variété que nous appelons *flava.*

Cette Spicaria possède-t-elle une forme parfaite? La chose est possible, quoique nous n'ayons jamais, dans notre espèce, observé d'autre mode de reproduction que les conidies.

Reinke et Berthold (1) assurent, en effet, qu'une espèce voisine, *Spicaria Solani,* a pour état parfait la *Nectria Solani*

(1) Reinke et Berthold. — *In* Costantin, p. 122.

M. Matruchot (1) estime d'ailleurs que les Verticillées sont, pour la plupart, des formes conidiennes d'Hypocréacées.

CEPHALOTHECIUM

Cephalothecium roseum Corda, var. β Matr.

Nous avons récolté cette espèce sur papier filtre et sur vieux placards imprimés.

Elle n'est point parmi les moisissures papyricoles les plus communes. Elle a été étudiée de façon précise par M. Matruchot (2) et on en trouve, dans l'important travail qu'il a publié, une description très complète.

Nous n'avons vu, dans la forme que nous avons récoltée, que des spores bicellulaires. Nous n'avons jamais trouvé, dans nos cultures sur carotte et sur pomme de terre, la deuxième forme reproductrice découverte par M. Matruchot (spores monocellulaires, petites, très nombreuses, agglomérées en capitules dissociés à l'extrémité de rameaux « pseudoverticillés », animées après leur chute d'un vif mouvement brownien et formant de petites taches rouge franc qui envahissent peu à peu toute la culture).

Notre champignon est donc la variété β Matr. qui représente d'ailleurs, comme l'a démontré M. Matruchot, le type normal de l'espèce.

Cultivé en tube Borrel, il forme un voile rose, solide, à surface pulvérulente. Ce voile est composé de filaments flottants, nombreux, assez enchevêtrés, de calibre à peu près égal au mycélium aérien, et qui portent des conidiophores dressés. La partie immergée est très réduite et le liquide sous-jacent reste limpide.

Nous n'avons, dans aucun cas, observé de forme rappelant un *Acrostalagmus*. Ce dernier, que nous avons d'ailleurs récolté sur des papiers différents, ne s'est pas davantage transformé en *Cephalothecium roseum*.

La synonymie établie par Hoffmann, puis par Bail (3) : *Cepha-*

(1) L. Matruchot. — Un nouveau champignon pathogène pour l'homme, *Mastigocladium Blochii* Matr., *Comptes rendus Académie des Sciences*, Vol. CLII, 1911, p.p. 325-327.

(2) L. Matruchot. — *Recherches sur le développement de quelques Mucédinées*. Paris, 1892, pp. 45-59.

(3) *In* L. Matruchot. — *Loc. cit.*, p. 48.

lothecium roseum Corda = *Acrostalagmus cinnabarinus* Corda ne peut donc être admise.

Lœw (1) a d'ailleurs reconnu que l'*Acrostalagmus cinnabarinus* vit fréquemment en parasite sur certains champignons, et ce fait explique l'erreur commise par ses devanciers.

Notre espèce n'a aucune parenté, comme l'ont établi Woronine, de Bary, Lœw et M. Matruchot, avec l'*Arthrobotrys*.

TORULA

Torula chartarum (Link) Corda.

Nous avons trouvé cette espèce sur papier filtre. Elle a été décrite, selon Corda (2), sous les noms de : *Stilbospora chartarum* Ehrenb., *Oïdium chartarum* Link., *Sporotrichum chartaceum* Pers. et appartient, dans la classification de Rabenhorst, à la famille des Dématiées, division des Phæosporées, sous-division des Torulées. Aucun auteur n'en a donné de bonnes figures.

Les cultures sont d'un noir mat, uniforme.

Les filaments stériles ont une croissance indéfinie. Ils sont rampants, cloisonnés, abondamment ramifiés et réunis par des anastomoses très larges.

Leur couleur, blanchâtre selon Saccardo, a toujours été, dans nos cultures, vert gris foncé ou ardoisée.

Les cellules qui les composent sont assez disparates et, si la plupart d'entre elles sont régulières, d'autres revêtent, au contraire, les aspects les plus variables. On trouve notamment des éléments renflés en tonnelets, qui donnent au mycélium une forme toruleuse.

Les conidiophores, généralement dressés, portent à leur extrémité des chaînettes de conidies. Les articles qui les composent ont, en moyenne, 7-9 × 3-5 μ.

Les chapelets sont très longs (jusqu'à 40 spores) et fragiles, comme en témoignent de nombreuses cellules, isolées ou associées en petits groupes, qui nagent dans le liquide des préparations. (Pl. II, fig. 1, 5.) Leur croissance est à la fois terminale et intercalaire. Ils donnent des ramifications nombreuses, qui naissent par ger-

(1) *In* L. Matruchot. — *Loc. cit.*, p. 48.
(2) Corda. — Vol. IV, p. 24.

mination latérale d'une conidie. (Pl. II, fig. 2, 3, 4, 6, 7, 9 à 12. Pl. III, fig. 1 à 5.)

Les éléments du chapelet ne sont point uniformes. Ils sont généralement ovoïdes ou sphériques. Ils peuvent n'être pas septés ; mais souvent aussi, ils sont divisés en leur milieu et présentent même parfois deux cloisons parallèles très rapprochées.

Les cloisons sont, dans quelques éléments, plus nombreuses et affectent alors des dispositions variables. Elles ne dessinent jamais d'étranglements.

Les « conidies », cutinisées, sont de même ton, mais plus foncées que le mycélium. Leurs dimensions sont de 8 à 9 μ sur 5 μ à la base du chapelet et 4 μ sur 2,5 à l'extrémité. Quelques-unes d'entre elles ont tendance à s'enkyster en vieillissant.

Comme le démontre la description qui précède, il n'y a point de limite tranchée entre le mycélium et les spores et nous avons d'ailleurs pu observer de nombreuses formes de passage.

Dans les parties sèches des cultures, nous avons vu des organes pluricellulaires, dont aucun auteur n'avait, à notre connaissance, encore signalé l'existence. Bien différents des chlamydospores puccinioïdes qu'a décrites Gueguen dans le *Gliomastix chartarum*, ces organes sont placés sur le trajet d'un filament et ont une couleur gris foncé tranchant sur celle du mycélium qui les porte. Ils possèdent une à trois cloisons parallèles ou se rencontrant sous des angles variables. Ils sont susceptibles de germer, sont ovoïdes ou sphériques et mesurent en moyenne 12 μ × 8, 10 × 10 ou 12 × 12. Leur valeur morphologique est difficile à établir. Peut-être représentent-ils des débuts de pycnides. (Pl. II, fig. 8. Pl. III. fig. 6 à 10.)

Cultures en milieu très humide. — Au voisinage du liquide, en tube Borrel, les filaments sont plus foncés, plus richement ramifiés et plus volumineux que ceux de la partie strictement aérienne. Ils présentent, de place en place, des sortes de chlamydospores sphériques, unicellulaires, à contour net, presque noires.

En cellule van Tieghem, où l'atmosphère est saturée d'eau, les filaments ont des cloisons très rapprochées et ils possèdent de nombreuses gouttelettes d'huile, dont quelques-unes sortent des cellules.

Les spores sont peu nombreuses, mal développées ; l'humidité retarde donc leur formation.

Les chlamydospores sont plus grosses qu'en tube Borrel.

Enfin, le mycélium est partiellement toruleux et l'on voit fréquemment, sur le trajet d'un filament, des cellules se renfler et augmenter de volume à mesure qu'elles se succèdent, atteindre un maximum pour décroître ensuite progressivement et reprendre un aspect normal. Cette disposition rappelle tout à fait celle que présente l'*Alternaria polymorpha* Planchon, à la naissance des pycnides. Nous n'avons toutefois jamais observé de semblables formations dans la *Torula chartarum.*

Dans la partie immergée du tube Borrel, on aperçoit, à l'œil nu, et nageant dans le liquide, des flocons gris noirâtre, moins colorés toutefois que la partie flottante du champignon et à peu près sphériques. Ils apparaissent au microscope, composés de filaments ramifiés, enchevêtrés, gris verdâtre, stériles, de calibre assez variable. Les articles sont courts et possèdent quelques chlamydospores unicellulaires.

La *Torula chartarum* est-elle le même champignon que le *Gliomastix chartarum?* Gueguen (1) les distingue parce que, dans ce dernier champignon, les chapelets se pelotonnent sur eux-mêmes et que les conidies sont agglomérées par du mucilage.

La *Torula chartarum,* au moins dans les conditions où nous l'avons étudiée, ne possède aucun moyen de reproduction autre que les conidies.

Peut-on la rapporter à une forme parfaite? La question n'a, jusqu'à présent, pas été élucidée. Peut-être pourrait-on orienter les recherches dans le sens de Gueguen, qui veut voir, dans le *Gliomastix chartarum,* une forme conidienne de *Chætomium,* s'appuyant sur ce fait que l'un et l'autre sont charticoles.

La *Torula* n'a certainement aucun rapport, comme on l'a cru autrefois, avec le *Myxotrichum chartarum.*

Notre champignon enfin ne produit pas de fermentation dans les liquides sucrés.

(1) Gueguen. — *Gliomastix chartarum.* Contribution à l'étude de la formation endogène des conidies. *Bulletin Société Mycologique de France,* T. XXXI, 1905, pp. 230-242.

STACHYBOTRYS

Stachybotrys atra Corda.

Cette espèce est éminemment papyricole. Nous l'avons récoltée avec le maximum de fréquence d'entre toutes les moisissures, soit seule, soit associée avec des *Fusarium*, sur les échantillons les plus divers : carton d'emballage, pages de livres, de cahiers, de carnets, papier à cigarettes, papier à lettres, buvard, etc.

Elle pousse avec facilité sur carotte, bois, etc. ; la culture, d'abord blanchâtre, devient rapidement d'un noir de suie et présente un aspect pulvérulent dû à la présence de nombreuses spores. En tube Borrel, elle recouvre la surface du liquide d'un voile noirâtre, assez fragile, d'aspect feutré et laineux.

Elle appartient, selon Rabenhorst, à la famille des Dématiées, division des Phæosporées, sous-division des Périconiées.

La diagnose que nous proposons est la suivante :

Filaments stériles, rampants, septés, noirâtres, souvent corémiés.

Conidiophores généralement dressés, septés, noirs, hérissés de pointes, portant des phialides groupées en verticilles.

Spores ovoïdes, souvent rugueuses, séparées de la phialide par un isthme court et restant agglomérées par du mucilage.

La fréquence de la corémiation du mycélium rampant nous a incité à étudier séparément la forme simple et la forme agrégée.

I. **Forme simple**. — C'est celle qui est la plus commune. Elle se produit surtout dans les cultures en milieux pauvres.

Le mycélium stérile, généralement rampant, a 3 ou 4 μ de large. Il est composé de filaments blanchâtres au début, gris noirâtre ensuite, mais conservant toujours leur transparence, cloisonnés, ramifiés, parfois un peu enchevêtrés et réunis par des anastomoses larges. Quelques filaments sont enroulés sur eux-mêmes.

Les conidiophores sont dressés, rectilignes, d'abord non septés et blanchâtres, puis cloisonnés, noirâtres et cutinisés. Leur teinte, qui fonce de bas en haut, est souvent plus sombre que celle du filament sur lequel ils sont insérés. Ils ont généralement 40 μ, quelquefois 60 et même 70 μ × 3-4, mais peuvent prendre, dans les milieux sucrés, un aspect trapu. Ils sont, dans leurs trois quarts supérieurs,

hérissés de granulations noirâtres, bien visibles à maturité, et d'autant plus nombreuses que l'on se rapproche davantage du sommet de l'organe. (Pl. IV, fig. 7.)

Les conidiophores sont simples, ou ramifiés en cyme (Pl. IV, fig, 1, 2), et ils donnent naissance, par leur extrémité distale, à des phialides qui portent elles-mêmes un isthme et des spores.

Phialides. — Leur mode de développement est intéressant à suivre. Un filament, encore jeune et blanc (le futur conidiophore) voit son sommet se renfler en forme de poire retournée. C'est la première phialide, à l'extrémité de laquelle apparaît un petit bouton, ou isthme, qui portera la spore.

Sur le côté de la première phialide s'en forme une seconde, puis symétriquement une troisième et chaque nouvelle phialide porte un isthme. (Pl. IV, fig. 3, 4.)

Selon Zopf (1), ces organes naissent sur le rameau portant la phialide primitive à des profondeurs progressivement croissantes, si bien que leurs points d'insertion figureraient une spirale. Mais, ajoute cet auteur, les axes secondaires sont si brefs que les phialides sont groupées, à maturité, en une sorte d'ombelle ou de verticille.

Toutes les phialides portées sur un rameau conidiophore n'ont donc pas le même âge. On peut d'ailleurs, observer, sur des préparations suffisamment jeunes, des stades de développement différents.

La phialide mûre est dressée, allongée en forme de poire ou de bouteille retournées. Elle est gris noirâtre, présente souvent des granulations pigmentaires, mais garde sa transparence et n'a jamais de cloisons. Son sommet, que l'on peut apercevoir en la regardant de haut en bas (dans les préparations on trouve fréquemment des phialides détachées et ainsi orientées), présente un point jaune vif, qui marque l'insertion de l'isthme.

Le nombre des phialides est le plus souvent de sept (une phialide au centre, six périphériques), dessinant une figure très régulière. Il est parfois de huit, quelquefois de neuf, mais alors l'ensemble est irrégulier.

Les dimensions des phialides sont de 12 μ de haut sur 4 à 5 μ de large. (Pl. IV, fig. 5.)

(1) Zopf. — *Die Pilze*, p. 40.

Isthme. — Placé à l'extrémité distale de la phialide, il est à peu près sphérique et a 2 μ,5 dans les deux sens.

Spores. — Elles sont ovalaires ou ovoïdes, d'abord gris clair, puis noirâtres et, quand elles sont vieilles, échinulées. (Pl. IV, fig. 6.) Elles sont nombreuses et mesurent 8-9 × 6-7 μ. (Pl. IV, fig. 3.)

Elles sont le plus souvent unicellulaires, quelquefois bicellulaires et renferment fréquemment une ou même deux gouttelettes d'huile assez volumineuses. Dans ce dernier cas, la conidie est généralement séparée en deux par une cloison médiane et donc bicellulaire. Parfois les gouttelettes huileuses sont multiples ; elles sont alors très petites.

Le développement de la conidie est fort simple. Il se forme à l'extrémité de l'isthme une sphérule, qui augmente de volume, s'allonge, se renfle, prend la forme de la spore adulte et s'isole par une cloison. Les spores tombent au fur et à mesure de leur formation, mais restent agglomérées par un mucilage. Il n'existe entre elles aucun isthme semblable à celui qui est placé au sommet de la phialide.

Cette dernière ne peut d'ailleurs être considérée comme une cellule mère, car elle ne vide pas son protoplasma dans la cellule fille, c'est-à-dire dans la spore.

Germination. — Elle est précoce (24 heures). On voit la spore se renfler, devenir globoïde, puis donner un ou deux filaments, qui, d'abord blancs et grêles, prennent ensuite les caractères du mycélium adulte. (Pl. IV, fig. 8 à 11.)

Il y a-t-il concordance entre le nombre de gouttelettes d'huile et celui des filaments naissant de la spore? Sans établir de règle absolue, nous pouvons dire que, dans la plupart des cas, les spores à une gouttelette donnent un seul tube et que les conidies à deux gouttelettes engendrent deux filaments. En d'autres termes, la spore à deux gouttelettes doit, même si elle n'est pas septée, être considérée comme possédant virtuellement deux cellules, dont chacune est apte à germer. Le jeune filament est parfois bifurqué à sa naissance.

Milieu très humide. — L'appareil sporifère peut, en tube Borrel, naître tout près de la surface du liquide. Conidiophores et spores restent alors à peu près incolores et se développent sans presque se cutiniser. Les phialides sont souvent déformées et moins nombreuses que dans la partie strictement aérienne, et la spore qu'elles

portent n'est pas caduque, car la cloison destinée à isoler cet élément fait généralement défaut.

Le mycélium développé dans la profondeur du liquide, en tube Borrel, est grêle, incolore et possède de nombreuses gouttes d'huile très réfringentes. Il est régulièrement calibré et notablement plus mince que celui de la portion aérienne.

Ces modifications, dues à l'immersion, ne sont pas brusques, mais se font, au contraire, graduellement. L'examen de lames provenant de tubes Borrel, au voisinage de la ligne de flottaison, est, à ce sujet, fort instructif. Nous y voyons des filaments immergés, grêles et incolores, qui, après leur sortie du liquide, augmentent peu à peu de calibre, deviennent noirs et portent à leur extrémité des phialides et des conidies. (Pl. IV, fig. 12.)

Dans certaines parties de la préparation immergée, le mycélium est gros; dans d'autres, il est irrégulier, bosselé et prend des caractères de torulation très nette. Les filaments, en tous les cas, n'ont jamais de spores semblables à celles de l'appareil végétatif aérien. Ils montrent, par contre, des chlamydospores mycéliennes, d'ailleurs sans caractère particulier. (Pl. IV, fig. 14.)

En cellule van Tieghem, notre espèce a donné de grosses chlamydospores cutinisées. (Pl. IV, fig. 13.)

Nous n'avons jamais constaté de formes-levures, ni de kystes, pas plus d'ailleurs que de formes de reproduction périthécienne ou pseudo-périthécienne.

Culture sur pomme de terre. — La plupart des milieux, avons-nous dit, conviennent aux *Stachybotrys*. La pomme de terre, cependant, ne lui est guère favorable. Les cultures y sont pauvres, relativement peu pigmentées. Les filaments sont presque incolores, les spores rares et assez claires. Un grand nombre de filaments ne fructifie pas et, sur leur trajet, on trouve quelquefois des chlamydospores mycéliennes.

Détermination. — Notre champignon paraît être le *Stachybotrys atra* Corda. Il possède, en effet, les caractères essentiels de cette espèce : forme des phialides, taille des spores et il n'en diffère que par des côtés peu importants (couleur gris noirâtre et non jaune verdâtre de son mycélium, conidiophores plus foncés au sommet qu'à la base).

II. **Forme corémiée.** — Elle se produit, de préférence, quand

on cultive le champignon sur un substratum riche : tubes Borrel avec bouillon de carottes suffisamment concentré, carottes, etc. Elle a l'aspect d'un écheveau assez touffu, relativement serré à sa base et à sa portion moyenne et se dissociant à son extrémité distale. Pl. IV, microphotographie.)

A peu près stérile dans sa partie agrégée, elle donne, dès le moment où se séparent les éléments qui la composent, de nombreux conidiophores. Ces derniers, perpendiculairement insérés sur le mycélium, restent nettement isolés les uns des autres et ne présentent aucune tendance à l'agrégation.

Cette forme n'est pas une simple agglomération, mais elle procède d'une véritable corémiation, car l'examen miscroscopique laisse apercevoir, non seulement l'accolement des hyphes, mais un échange de protoplasma entre certains filaments, dont les contenus cellulaires communiquent.

Elle n'est nullement comparable à un *Stysanus*. Les conidiophores de ce dernier, en effet, comme nous le verrons plus loin, sont abondamment corémiés, alors que chez les *Stachybotrys* ils restent toujours isolés.

Enfin, le *Stachybotrys* corémié présente des appareils conidiens pareils à ceux de la forme simple. Il rentre donc dans cette catégorie de « formes agrégées constituées par des éléments semblables » « à la forme simple correspondante » et qu'a décrites M. Matruchot (1) dans une étude sur les *Cladobotryum*.

Stachybotrys et Fusarium. — Ajoutons enfin que nous avons vu très fréquemment, sur papier, une association du *Stachybotrys* et d'un *Fusarium* blanc, non sporulé.

Le *Fusarium* parfois était corémié et l'on voyait alors la forme simple de *Stachybotrys* en suivre les ramifications. Ce mode de végétation produisait un aspect très particulier, qui ne doit pas être confondu avec la véritable forme corémiée de *Stachybotrys*.

Les deux champignons cohabitent si volontiers que les cultures anciennes (plusieurs mois) de *Stachybotrys*, en tubes Borrel, présentent quelquefois de petites zones blanches. Ces dernières pourraient laisser croire à une forme pléomorphique, mais en réalité, sont dues au développement tardif d'un *Fusarium*.

(1) L. Matruchot. — Développement d'un *Cladobotryum*. *Revue générale de Botanique*, T. VII, 1895, p. 497.

Nous avons aussi noté la coexistence du *Stachybotrys* et d'un *Fusarium* jaune stérile, que nous étudions dans le chapitre relatif à ce genre.

Dematium pullulans de Bary.

De Bary (1) a décrit, sous le nom de *Dematium pullulans*, « des masses mycéliennes composées de cellules courtes et qui, d'abord hyalines, voient ensuite leurs membranes s'épaissir et prendre une coloration brun olivâtre ».

On trouve dans Planchon l'histoire et les affinités de cette espèce au point de vue systématique. Nous n'en retenons que la description d'après l'échantillon récolté au Laboratoire de l'École Normale Supérieure, sur papier joseph.

Les cultures sont d'abord blanchâtres, puis brun rosé, humides, quelquefois membraneuses. Elles rappellent les colonies de levures ou de bactéries.

Le mycélium, parfois très réduit, est presque incolore, septé ; il se désarticule facilement et sécrète assez souvent du mucilage qui dessine, selon l'expression de Planchon, « une auréole trans- « parente autour des éléments ».

Les spores, fausses, sont des formes-levures cylindriques, avec extrémités arrondies. Elles sont hyalines, naissent par bourgeonnement sur les parties non cutinisées du champignon et se détachent de façon précoce. On ne peut tracer de délimitation exacte entre elles et le mycélium.

Ces « conidies » germent elles-mêmes en levure, par bourgeonnement.

On observe parfois, surtout après dessiccation, la cutinisation du champignon et son enkystement en *Fumago*. La teinte de la culture devient alors noirâtre. Au microscope, on voit des formes-levures modifier leur contour, s'arrondir, se colorer, s'enkyster et quelquefois même se cloisonner, et prendre ainsi des aspects de *Fumago*, déjà signalés par Laurent. Le mycélium est aussi apte à se cutiniser.

Notre espèce n'a pas produit de fermentation dans les liquides sucrés.

(1) De Bary. — *Morphologie und Biologie der Pilze, Flechte und Myxomyceten*, 1866, p. 182.

CLADOSPORIUM

Les hyphes de ce champignon sont saprophytes, plus rarement parasites. Ils sont rampants, septés, ramifiés, foncés.

Les conidiophores sont séparés, ou groupés en faisceaux, septés, droits ou couchés, simples ou ramifiés, foncés, noueux et rugueux, et poussent par l'extrémité.

Les conidies sont acrogènes et, dans certains cas, pleurogènes. Elles tombent de bonne heure, sont à peu près sphériques, ovoïdes, allongées ou cylindriques, généralement arrondies aux deux extrémités (quelquefois pointues ou aplaties). Elles sont presque hyalines ou bien de teinte plus ou moins foncée et même noire, souvent uni- ou bicellulaires (elles ont parfois aussi quatre cellules et même davantage) et généralement étranglées au niveau des cloisons, Elles sont lisses ou finement raboteuses.

Les conidies sont en réalité de fausses spores, groupées en chapelets basifuges et l'on trouve tous les termes de passage entre elles et le mycélium. Ainsi s'expliquent, comme le fait remarquer Planchon (1), leur apparent polymorphisme et l'impossibilité de fixer des mesures précises. Le nom donné par Link au genre (de *clados*, rameau) est donc tout à fait justifié.

Historique et place dans la classification. — A.-N. Berlèse (2) fait du *Cladosporium* une forme « hyphomycétacée ou « mieux cladosporioïdée commune à plusieurs champignons asco- « mycètes, ayant peut-être une certaine affinité entre eux ». « Les « divers états conidiaux constituant le *Cladosporium herbarum*, « dit-il, sont assez semblables, morphologiquement et biologique- « ment, pour ne pouvoir être distingués, mais ils appartiennent « néanmoins à plusieurs ascomycètes différents. »

M. Costantin voit aussi dans le *Cladosporium* une forme cladosporioïdée collective.

Cette opinion, si séduisante soit-elle, ne doit pas nous faire perdre de vue que le *Cladosporium* se présente dans la nature sous un aspect assez fixe et bien caractérisé. Nous admettons donc, comme le fait

(1) Planchon. — *Loc. cit.*, p. 39.

(2) A.-N. Berlèse. — Première contribution à l'étude de la morphologie et de la biologie du *Cladosporium* et du *Dematium*. *Bulletin Société Mycologique de France*, 1895, pp. 34-74.

Planchon (1), l'existence propre du *Cladosporium* et le rangeons dans les *Fungi imperfecti*, famille des Dématiées, division des Phéodidymées, sous-division des Cladosporiées.

Forme parfaite. — D'après Tulasne (2), le *Cladosporium herbarum* Link possède une forme asquée, qui est le *Pleospora herbarum.*

Gibbelli et Griffini, Bauke, Kohl, Mattirolo sont d'un avis différent, car ils croient que cet ascomycète a pour état conidien une *Alternaria* ou un *Macrosporium.*

Laurent (3) n'a jamais observé non plus la formation de périthèces, ni réussi à transformer un *Pleospora* en *Cladosporium.*

De Janczewski (4) rattache d'abord le *Cladosporium* au *Leptosphæria tritici* et, dans un travail ultérieur (5), au *Sphærella* ou *Mycosphærella* Tulasnei, nouvelle espèce décrite par lui.

Cette opinion est aussi admise par Theodoro Ferraris (6), qui fait du *Cladosporium herbarum* var. *cerealium*, l'état conidien du *Mycosphærella* Tulasnei.

Il importe d'ailleurs de constater que certaines formes ne peuvent entrer dans le cycle du *Mycosphærella* Tulasnei. C'est le cas, notamment, de l'appareil conidien décrit par Lopriore (7), sous le nom de *Cladosporium herbarum* et qui produit des sclérotes sur les grains de froment.

Polymorphisme. — Signalé par Laurent (8) en 1888, il est si marqué que l'on a pu se demander si quelques moisissures très communes ne devaient pas être rattachées au *Cladosporium.*

1° *Cladosporium* et *Hormodendron cladosporioides* Sacc. — G. Fresenius (9) et Saccardo (10) ont décrit sous le nom de *Penicillium cladosporioides* ou *Hormodendron cladosporioides*, des états conidiens que de Janczewski a rattachés, avec le *Cladosporium*, au

(1) Planchon. — *Loc. cit.*, pp. 116-119.

(2) Tulasne. — *Select. Fung. Carpol.*, II, p. 261.

(3) Laurent. — Recherches sur le polymorphisme du *Cladosporium herbarum. Annales Institut Pasteur*, N°s 10 et 11, nov., déc. 1888, pp. 558-566 et 581-603.

(4) De Janczewski. — Polymorphisme du *Cladosporium herbarum. Bulletin Académie des Sciences de Cracovie*, déc. 1892, *in Revue Mycologique*, 1893, p. 41.

(5) De Janczewski. — Les périthèces du *Cladosporium herbarum.* Id. 1893, pp. 271-273, *in Revue Mycologique*, 1894, p. 133.

(6) Theodoro Ferraris. — *Osservazione micologiche su specie del gruppo Hyphales. Annales Mycologici*, Vol. VIII, 1909, p. 285.

(7) Lopriore. — *Berichte der Deutsche Botanische Gesellschaft, Bd* X, 1892, p. 72.

(8) Laurent. — *Loc. cit.*

(9) G. Fresenius. — *Beitrage zur Mycologie Bd.* I, 1853, p. 22.

(10) P.-A. Saccardo. — *Sylloge Fungorum, Bd.* IV, 1886.

Mycosphaerella Tulasnei. (Remarquons que la dénomination de *Penicillium* doit être abandonnée, les chapelets de spores étant basipètes dans les Pénicilles.)

Schostakowitsch (1), par contre, n'a pu transformer l'*Hormodendron cladosporioides* en *Cladosporium herbarum.*

Laurent (2) croit à l'identité de l'*Hormodendron* et du *Cladosporium* et il assure avoir trouvé tous les termes de transition. Il attribue les différences qu'il a pu observer aux conditions de nutrition, l'*Hormodendron* se développant, selon lui, exclusivement sur les milieux riches.

Berlèse (3) assimile également les deux champignons et il estime que le véritable type est l'*Hormodendron cladosporioides.* Tel est aussi l'avis de Planchon (4), pour lequel la différence entre *Cladosporium* et *Hormodendron cladosporioides* est une « question de plus ou de moins ». Cet auteur a observé, comme Laurent, tous les types intermédiaires.

C.-K. Bancroft (5) voit dans l'*Hormodendron* la forme estivale et dans le *Cladosporium* l'état hivernal de la même espèce.

Enfin, Mariano Savelli (6) a obtenu un *Hormodendron* avec des *Cladosporium* recueillis sur l'*Agave.*

2° Nous avons placé au chapitre *Alternaria* l'exposé des rapports de ce dernier genre avec les *Cladosporium.*

3° *Cladosporium et Dematium pullulans.* — La question fait l'objet, dans le travail de Planchon (7), d'une discussion très documentée, qui sortirait du cadre de ce travail et que nous nous bornons à résumer.

Laurent (8) identifie les deux champignons, confirmant ainsi les idées de Saccardo. Il doit toutefois reconnaître que « si le *Cla-* « *dosporium,* ou l'*Hormodendron* peuvent donner une forme affaiblie ou *Dematium,* la transformation inverse est impossible ».

(1) Schostakowitsch. — *Flora, Bd.* LXXXI, 1895, p. 362.
(2) Laurent. — *Loc. cit.*
(3) Berlèse. — *Loc. cit.*, p. 40.
(4) Planchon. — *Loc. cit.*, pp. 156-157.
(5) C.-K. Bancroft. — *Researches on the life history of parasitic fungi. Annals of Botany*, Vol. XXIV, 1910, pp. 359-373.
(6) Mariano Savelli. — Ricerche intorne ad una forma di *Cladosporium* parasita delle Agave e delle Echeverie. Estratto dagli *Annali delle Reale Accademia di Agricultura di Torino*, Vol. LVI.
(7) Planchon. — *Loc. cit.*, pp. 211-224.
(8) Laurent. — *Loc. cit.*

De Janczewski (1) est d'un avis opposé à celui de Laurent. Berlèse n'a jamais non plus, en semant des conidies de l'*Hormodendron*, obtenu de *Dematium*.

Lœw n'a pas davantage pu passer de l'une de ces espèces à l'autre.

Planchon, enfin, estime aussi que le *Cladosporium herbarum* et le *Dematium pulluluns* sont des espèces distinctes.

Formes pseudo-périthéciennes. — Pirotta (2) rattache, sans pouvoir toutefois donner de son opinion une preuve convaincante, le *Cladosporium* à un *Phoma*.

Paul Vuillemin admet de même qu'un *Chætophoma*, parasite sur l'écorce des Oléacées et qu'il appelle *Chætophoma oleacina*, possède une forme cladosporienne.

A.-N. Berlèse (3) est arrivé à une conclusion du même genre. Cultivant, en effet, un *Cladosporium* récolté sur des feuilles d'*Evonymus*, il a obtenu des pycnides, qu'il rapporte au genre *Phleospora*. Par contre, des *Cladosporium* recueillis sur les feuilles de diverses autres plantes (*Medicago sativa, Dianthus caryophyllus*, etc.) n'ont pas donné de pycnides.

Conclusions. — Il semble donc légitime, comme le fait Planchon (4), de conclure que le *Cladosporium* possède trois formes :

1° Conidienne. *Hormodendron cladosporioides* Sacc.

2° Pycnidaire. *Phleospora* Berlèse.

3° Périthécienne. *Sphaerella Tulasnei* de de Janczewski.

Ubiquité. — Mode de vie. — Le *Cladosporium* est très répandu et on ne peut guère ramasser un débris végétal quelconque qui n'en porte quelque colonie. Il vit en saprophyte dans la plupart des cas et nous l'avons trouvé très fréquemment sur les papiers les plus divers : papier à imprimer, pages de roman, papier joseph, papier de soie, papier à envelopper, papier à chandelle, carton, glacé ou non ; mais il serait parfois parasite.

En 1890, Prillieux et Delacroix (5) assurent que la forme désignée sous le nom de *Cladosporium fasciculare* attaque les feuilles des pommiers, des framboisiers, etc.

(1) De Janczewski. — *Loc. cit.*

(2) Pirotta. — Sullo sviluppo del *Cladosporium herbarum*. *Annali del Reale Istituto botanico di Roma*, Anno V, 1894, pp. 122-123.

(3) Berlèse. — *Loc. cit.*

(4) Planchon. — *Loc. cit.*

(5) Prillieux et Delacroix. — Parasitisme du *Botrytis cinerea* et du *Cladosporium herbarum*. *Bulletin Société Mycologique de France*, T. VI, f. 3, 1890, p. 135.

Lopriore et Franck prétendent qu'une forme de *Cladosporium herbarum* cause le noir des céréales *(Triticum, Hordeum, Secale)*.

En 1892, de Janczewski émet une opinion particulière : la forme conidienne serait saprophyte, et la forme asquée, parasite.

En 1904, Lasnier (1) décrit une maladie des pois causée par notre champignon.

Gueguen (2), en 1900, montre que les choux et les camélias peuvent être attaqués par le *Cladosporium herbarum*.

Mariano Savelli (3) décrit une modalité parasite de *Cladosporium herbarum*.

Le champignon, enfin, serait pathogène pour l'homme, selon Gueguen (4).

La seule espèce de *Cladosporium* que nous ayons récoltée est le *Cl. herbarum*.

Cladosporium herbarum Link.

Nous avons trouvé ce champignon sur divers papiers et notamment sur papier écolier, pages de cahiers et de livres, sur carton, sur papier de soie. Il pousse facilement sur tous les milieux. Cultivé sur carotte, il donne de petites touffes hémisphériques vert foncé ou vert olive, qui finissent par devenir confluentes et recouvrent alors le substratum d'un épais gazon.

En tube Borrel, il forme, dans le sein du liquide, de petits flocons brun noirâtre.

Le mycélium, comme celui des autres Dématiées, est d'abord grêle et blanc, puis il augmente de calibre, prend une couleur vert olive ou gris verdâtre et se cloisonne. Il est parfois hérissé de fines aspérités.

Les hyphes stériles sont entremêlées et composées d'articles courts.

Les conidiophores sont dressés, ramifiés, septés.

Le *Cladosporium herbarum* est très fragile et l'on trouve, dans les préparations, des « spores » polymorphes et des fragments de

(1) Lasnier. — Sur une maladie des pois causée par le *Cladosporium herbarum*. *Bulletin Société Mycologique de France*, T. XX, 1904, p. 236.

(2) Gueguen. — Quelques méfaits du *Cladosporium herbarum*. *Bulletin Société Mycologique de France*, T. XVI, 1900, pp. 151-155.

(3) Mariano Savelli. — *Loc. cit.*

(4) Gueguen. — Mycose cladosporienne de l'homme, *Académie des Sciences*, Vol. CLII, 1911, p. 412.

mycélium désarticulés, affectant la forme d'un tibia. Aussi, faut-il pour apercevoir ces divers éléments dans leur situation respective, étudier le champignon en cellule van Tieghem. On voit alors le mycélium (lequel, d'ailleurs, renferme des gouttelettes d'huile, en raison du mode spécial de culture) porter des branches, qui se divisent plusieurs fois par dichotomie. (Pl. V, fig. 1, 2.)

Les ramifications successives sont constituées par des articles qui, d'abord grands et anguleux, diminuent progressivement de taille et deviennent ovalaires. Elles forment ainsi, à leur extrémité, des chapelets de fausses spores, bourgeonnants, centrifuges et figurant des arbuscules. (Pl. V, fig. 3 et 14.)

Ces fausses conidies ont une couleur gris verdâtre. Elles sont généralement uni- ou bicellulaires, mais peuvent revêtir les aspects les plus variables (Pl. V, fig. 10), car l'on trouve toutes les transitions entre elles et le mycélium. Aussi est-il impossible de leur fixer aucune mesure précise, comme l'ont d'ailleurs signalé tous les botanistes qui ont étudié le *Cladosporium*. (Pl. V, fig. 12 et 13.)

La libération des « conidies » se fait par rupture de tout le système. (Pl. V, fig. 5 à 9.)

Leur germination est très facile et s'effectue généralement par un seul filament. (Pl. V, fig. 11.)

En tube Borrel, les hyphes flottantes sont verdâtres, de gros calibre, à peu près parallèles, agrégées par place et composées d'articles courts, dont certains sont renflés en tonnelets. Elles ne présentent pas de gouttelettes d'huile.

La portion immergée est assez réduite, le *Cladosporium* étant surtout un organisme aérien. Elle est composée de filaments incolores, brillants, irréguliers, bosselés, d'aspect toruleux, présentant souvent un léger renflement terminal.

En cellule van Tieghem, dans la gouttelette nutritive, on aperçoit, de place en place, des éléments toruleux isolés.

Le fond des tubes Borrel est rempli par un lacis verdâtre. Examiné au microscope, le mycélium apparaît de diamètres divers, assez également calibré sur une portion de sa longueur, mais toutefois bosselé et toruleux par endroits. Il renferme quelques chlamydospores.

La zone immergée ne présente jamais de « spores » semblables à celles que l'on observe sur l'appareil végétatif aérien du champignon.

Formes-levures. — Dans le bouillon de carotte de la cellule van Tieghem, les arbuscules ont tendance à donner des conidies-formes-levures, qui se détachent, nagent dans le liquide et rappellent un peu un *Dematium pullulans.* Ainsi semble justifiée l'hypothèse que le *Dematium pullulans* est un état aquatique du *Cladosporium*. En réalité, ce dernier a seulement pris un aspect dématioïde. Réensemencé en tube ordinaire, il redonne des fructifications caractéristiques de *Cladosporium.* D'ailleurs, si le *Cladosporium* peut, dans certains cas, simuler un *Dematium*, la transformation inverse est impossible, comme l'a établi PLANCHON.

Nous n'avons jamais vu la « forme-levure rose » décrite par LAURENT.

Formes fumagoïdes. — Elles ont été signalées par LAURENT, par GUEGUEN (1), qui les a observées sur des pieds de camélia, et par PLANCHON.

Nous verrons qu'elles sont assez fréquentes dans les cultures sur papier et les étudierons dans la deuxième partie de notre travail.

Pycnides. — Nous n'avons jamais, quelles que fussent les conditions de culture (bois, etc.), constaté l'existence de pycnides, pas plus que de sclérotes. Ces derniers semblent d'ailleurs se produire exclusivement quand le champignon est parasite.

STEMPHYLIUM

Ce genre a été récolté avec une extrême fréquence. Il provoque l'apparition de ces petites macules noires pulvérulentes, quelquefois un peu rugueuses, si communes sur les papiers les plus divers (carnets, livres modernes, papier écolier, papier filtre, etc.). Il s'y trouve souvent seul et alors l'ensemencement direct d'une de ces taches donne une culture pure, mais parfois aussi il est associé avec d'autres champignons (*Spicaria, Penicillium,* etc.).

Il est d'ailleurs très répandu dans la nature.

Diagnose. — Mycélium rampant cloisonné, d'abord blanc, puis coloré, souvent entrelacé, avec tendance assez fréquente à la corémiation.

Conidiophores plus ou moins longs, généralement rampants, septés, ramifiés ou non, insérés latéralement sur le mycélium.

(1) GUEGUEN. — *Loc. cit.*

Spores isolées, acrogènes, plus ou moins ovoïdes, d'abord incolores et non septées, puis cutinisées, colorées et cloisonnées. Cloisons transversales et longitudinales, de dispositions diverses, donnant souvent un aspect sarciniforme. Spores à maturité plus foncées que le mycélium et généralement opaques. Peuvent être considérées comme des chlamydospores externes, c'est-à-dire intermédiaires à des chlamydospores proprement dites et à des conidies.

Chez certains *Stemphylium*, ainsi que l'a démontré M. Matruchot (1), l'inflorescence est une cyme unipare scorpioïde. C'est le fait notamment du *Stemphylium piriforme* que nous avons étudié. Mais nous avons aussi observé chez d'autres espèces, comme le *St. botryosum* Wallr., l'existence d'une cyme unipare hélicoïde.

Place dans la classification. — Selon Rabenhorst, les *Stemphylium* appartiennent à la famille des Dématiées, section des Phéodyctiées, sous-section des Macrosporiées. Ils sont à placer au voisinage des *Macrosporium*, dont ils diffèrent par des conidiophores plus ou moins longs, généralement couchés, latéraux, alors que ceux des *Macrosporium* sont dressés et disposés en corymbe.

Mais la nature véritable des *Stemphylium* est encore à élucider. Ils ne représentent qu'un état imparfait et possèdent peut-être une forme ascosporée, actuellement inconnue. Cette hypothèse est d'autant plus vraisemblable que les *Macrosporium* sont considérés comme des formes conidiennes, soit de *Sarcinula* (2), soit, selon Berlèse, de *Pleospora*.

M. Matruchot (3) a, en outre, observé qu'un champignon filamenteux, l'*Helicosporium lumbricoides* peut, sous certaines conditions (en culture cellulaire, dans une goutte d'urine alcaline), se transformer en *Stemphylium*, et il a ainsi démontré le polymorphisme de ces formes conidiennes.

Cultures. — Le *Stemphylium* pousse sur tous les milieux usuels. Les colonies, généralement abondantes, sont d'abord blanches et deviennent progressivement noir de fumée, ou au moins brun foncé. Elles prennent souvent, en raison de la formation de nombreuses spores, un aspect pulvérulent.

L'examen microscopique démontre que spores et mycélium,

(1) Matruchot. — *Recherches sur le développement de quelques Mucédinées*, Paris, 1892, p. 36.
(2) *Ibid.*
(3) *Ibid.*

d'abord clairs, prennent ensuite une teinte sombre et se cutinisent plus ou moins fortement.

Le champignon est très vivace et détruit les espèces qui entrent en concurrence avec lui. Nous avons observé notamment une tache provoquée par un *Spicaria*, mais qui renfermait quelques éléments de *Stemphylium*. La séparation des deux moisissures fut assez laborieuse, car les tubes de *Spicaria*, après quelque temps de développement normal, devenaient noirs : ils étaient envahis par la Dématiée.

Les espèces que nous avons isolées du papier sont :
Stemphylium macrosporoideum Berk.
Stemphylium botryosum Wallr., var *dom.* Sacc.
Stemphylium piriforme Bonord.
Stemphylium verruculosum Zimmerm.
Stemphylium graminis (Corda) Bonord.

Stemphylium macrosporoideum Berk.

Cette espèce a été trouvée, en compagnie d'un *Spicaria*, sur un papier buvard, dans le laboratoire de Botanique de l'École Normale. Elle est très vivace et son développement est rapide.

Le mycélium, d'abord blanc, fonce peu à peu. Quand il est adulte, il apparaît d'un vert noirâtre profond, à l'œil nu, et jaune verdâtre au microscope. Sa croissance est indéfinie. Il est cutinisé, cloisonné et mince. Chaque article est trois à cinq fois plus long que large et présente généralement deux gouttelettes d'huile. (Pl. VI, fig. 2, 3.)

Le mycélium n'a aucune tendance à l'accolement. *A fortiori*, n'avons-nous jamais observé de forme corémiée. Un article normal à 10 à 20 μ de long sur 3 à 4 μ de large. Le mode de ramification est assez irrégulier, comme le fait remarquer Rabenhorst.

Les conidiophores sont donc insérés latéralement. (Pl. VI, fig. 1.)

Les spores apparaissent rapidement (au bout de deux à cinq jours) ; le conidiophore a alors environ 30 à 35 μ de long. Elles sont terminales, pluricellulaires, cutinisées. Leur forme, que Rabenhorst qualifie de sphérique, rappelle plutôt celle d'une sarcine. Leur couleur est vert jaunâtre au microscope. Elles ont environ 20 μ × 18. On n'observe jamais de chapelets.

Développement et mode de cloisonnement des spores. — On voit

d'abord se produire, au bout d'un filament, un renflement qui grossit, se sépare par une cloison du reste du mycélium. C'est la jeune spore, qui peu à peu grandit. Le filament qui la porte se cloisonne et son extrémité prend une forme qui rappelle une baside. (Pl. VI, fig. 6.)

Bientôt apparaissent, dans la spore, une cloison transversale qui la sépare en deux étages, puis une deuxième cloison, perpendiculaire à la première. L'organe est alors divisé en quatre cellules. Les étranglements sont très marqués et déterminent un aspect nettement sarciniforme. (Pl. VI, fig. 1 et 5.)

Telle est du moins l'éventualité la plus fréquente. Mais, parfois aussi, la cloison longitudinale reste incomplète et apparaît seulement à l'étage supérieur de la spore, qui possède alors trois cellules, deux supérieures et une inférieure. (Pl. VI, fig. 4.) Cette disposition est nettement reproduite dans la figure de Saccardo. Enfin, mais plus rarement, la spore peut être divisée en trois cellules par deux cloisons obliques qui dessinent un V à pointe latérale.

Nous n'avons pas observé de formes de passage entre le mycélium et les spores.

La germination de la spore s'effectue d'une manière très simple. Une cellule donne un tube qui s'allonge. D'abord blanchâtre, grêle et non cloisonné, il se colore, devient plus épais, septé et prend les caractères du mycélium normal.

Quelquefois, deux cellules émettent chacune simultanément un tube germinatif.

Notre espèce se rapproche beaucoup du *Stemphylium macrosporoideum*. Elle s'en éloigne toutefois par la disposition de ses filaments mycéliens qui restent nettement séparés et par la couleur vert jaunâtre (et non brun marron) des spores.

L'espèce pousse facilement sur tous les milieux : carotte, pomme de terre, etc., sans que ses caractères soient sensiblement modifiés.

En tube Borrel avec bouillon de carotte léger, elle forme une sorte de voile qui recouvre la surface du liquide. Dans la partie immergée, le mycélium est blanchâtre et présente des gouttelettes d'huile.

Stemphylium botryosum Wallr. var. **domesticum** Sacc.

Cette espèce a été récoltée sur une page de cahier, où elle avait provoqué l'apparition d'un minuscule point noir. Elle est décrite de façon assez incomplète par les auteurs.

Le mycélium, comme celui des Dématiées en général, est d'abord grêle, non septé et blanc, puis il grossit, se cloisonne et, tardivement, se cutinise. Il est rampant et sensiblement plus foncé que celui du *Stemphylium macrosporoideum*. Les articles qui le composent ont en moyenne 30 à 40 μ × 5. Certains d'entre eux sont, vers leur milieu, pliés à angle obtus et donnent alors à la portion du mycélium une forme sinueuse.

Le mycélium présente souvent, au niveau des cloisons, des étranglements, qui lui communiquent un aspect moniliforme, signalé dans Rabenhorst. Il est assez abondamment ramifié, par endroits pauvrement corémié et possède quelques rares chlamydospores aériennes.

Les conidiophores offrent les mêmes caractères généraux que le mycélium, sur lequel ils sont insérés latéralement. Ils sont généralement simples, quelquefois ramifiés. Ils sont formés d'articles ayant en moyenne 10 μ × 3 et parfois coudés à angle obtus.

Quand le rameau a environ 10 μ de longueur, il produit une première spore, puis il pousse un prolongement qui la rejette de côté et, après avoir formé un angle obtus, donne une deuxième spore du côté opposé. Le conidiophore engendre ainsi alternativement quatre à six spores et il exécute en même temps une certaine rotation. L'inflorescence est donc une cyme unipare héliccïde. (Pl. VI, fig. 7, 8, 12.)

Les spores sont directement placées sur le conidiophore, sans pédicule. Parfois, mais cette éventualité est assez rare, deux spores sont insérées au même point. On n'observe jamais de chapelets.

Les spores appartiennent à deux types, suivant qu'elles sont ovoïdes ou sphériques. (Pl. VI, fig. 10 à 12.)

Les premières, seules signalées dans Rabenhorst, et les plus nombreuses, sont brun foncé, légèrement anguleuses, rugueuses, fortement cutinisées, pluricellulaires et n'ont pas d'étranglements au niveau des cloisons.

Le nombre et la direction de ces dernières sont assez variables. On observe généralement trois à quatre cloisons transversales, à peu près parallèles et une à trois longitudinales, ou parfois obliques. Ces spores ont 22-27 μ × 15-20 μ.

Les spores du deuxième type sont à peu près sphériques. Elles sont également brun foncé, présentent deux cloisons qui, se cou-

pant en croix au milieu de la spore, ne marquent, et encore pas toujours, qu'un très léger étranglement.

Leurs dimensions sont assez fixes : 20 à 25 μ dans les deux sens. Quelquefois, mais plus rarement, elles sont un peu allongées et elles ont alors 25 μ × 20 et se rapprochent, comme dimensions, du type 1.

Ces deux types appartiennent bien à la même espèce, car on peut les trouver réunis sur le même pied sporifère. (Pl. VI, fig. 12.)

Nous n'avons point observé de ces termes de passage, si fréquents chez les *Alternaria*, entre le mycélium et les spores.

La spore germe généralement par son extrémité libre, c'est-à-dire opposée à la zone d'insertion. Contrairement à ce que l'on observe pour les autres spores pluricellulaires, celles d'*Alternaria* en particulier, elle ne fournit souvent qu'un seul tube mycélien.

Notre espèce se rapproche beaucoup du *Stemphylium botryosum*, var. *domesticum*. Elle en diffère toutefois par la couleur brun foncé et non « fumée » de ses spores et par la présence, sur ses hyphes, de cloisons assez rapprochées (ce dernier caractère n'a d'ailleurs qu'une importance relative, la septation dépendant souvent des conditions de nutrition dans lesquelles s'est développé le champignon). Elle ne se confond pas avec le *Stemphylium* que M. Matruchot (1) a vu se développer sur un rameau d'*Helicosporium lumbricoides* et qui possédait des spores vert noirâtre et couvertes de fines aspérités.

Elle pousse sur tous les milieux usuels et notamment sur substratum peptoné.

En tube Borrel, avec bouillon de carotte, elle forme à la surface du liquide un voile noirâtre, d'aspect feutré et laineux, et se développe abondamment sur la partie aérienne de la lame placée à l'intérieur du petit récipient.

La partie immergée est, par contre, très réduite ; à peine a-t-elle quelques dixièmes de millimètre. Les filaments qui la composent sont incolores, présentent des gouttelettes d'huile et quelques chlamydospores mycéliennes. Ils sont toruleux par endroits et se continuent, sans limite précise, avec le mycélium aérien.

Plus profondément, on trouve dans le liquide des formes-levures vert clair, d'abord sphériques, puis bourgeonnantes. Elles prennent

(1) Matruchot, *loc. cit.*, p. 31.

les formes, les dimensions et même les aspects les plus variables et ont tendance à s'anastomoser. (Pl. VI, fig. 13.)

Au fond du tube, on aperçoit, à l'œil nu, des flocons d'aspect gélatineux. Ils apparaissent au microscope sous forme de filaments incolores, cloisonnés, enchevêtrés, intriqués en une sorte de feutrage et composés d'articles rectangulaires, ramifiés d'une manière quelconque, et ne présentant ni spores, ni chlamydospores. Leur calibre est égal ou légèrement supérieur à celui des hyphes aériennes.

Forme corémiée — Nous rattachons au *Stemphylium botryosum* Wallr. var. *domesticum*, un champignon trouvé sur papier à chandelle, et dont le mycélium est nettement corémié. (Pl. VI, fig. 14.)

Les spores répondent, pour la plupart, au type 2 de ce *Stemphylium*, c'est-à-dire qu'elles sont divisées en quatre cellules, par deux cloisons en croix, ou quelquefois par une cloison transversale et deux longitudinales à peu près perpendiculaires. Ces cloisons ne dessinent, en général, pas d'étranglement.

Les dimensions sont de 20 à 25 μ dans les deux sens, quelquefois si la spore est un peu allongée, de 20 μ × 18.

Les spores du type 1 se rencontrent moins fréquemment. Les deux types peuvent coexister sur le même conidiophore.

L'inflorescence est une cyme unipare hélicoïde.

L'espèce présente aussi des formes de spores atypiques avec des cloisons et des dimensions variables : deux cloisons transversales parallèles et une perpendiculaire (dimensions 25 μ × 17), quatre transversales parallèles (dimensions 30 μ × 18), cinq obliques se coupant de manière à dessiner des M ou des Y (dimensions 27 μ × 17). (Pl. VI, fig. 16 à 18.)

Les spores ont parfois une cloison tranversale médiane et plusieurs obliques, de dispositions diverses ; elles sont alors plus volumineuses (32-35 μ × 20-22). Cette dernière forme, qui seule présente des étranglements, peut être considérée comme anormale. (Pl. VI, fig. 19.)

Les spores jeunes sont toujours granuleuses et non septées.

Dans les parties non agrégées, les filaments ont les mêmes caractères que le *Stemphylium botryosum*, var. *domesticum*.

Cette forme corémiée n'a rien, *a priori*, qui doive nous surprendre. Le mycélium des *Stemphylium* a une tendance marquée à s'entrelacer et Planchon (1) signale, du reste, dans une *Alternaria*

(1) Planchon. — *Loc. cit.*, p. 97.

(A. varians), une forme «anastomosée à larges mailles», qui peut être considérée comme une tendance à la forme corémiée.

Stemphylium piriforme Bonord.

Cette espèce a été récoltée sur papier joseph, en boîte de Pétri. Comme la précédente, elle n'a, jusqu'ici, été décrite que de façon assez incomplète.

Elle est très vivace et pousse sur tous les milieux usuels : pomme de terre, solution peptonée, sur bois, paille, etc. Sur carotte, la culture, d'abord blanche, devient ensuite d'un noir mat, en raison de la grande abondance de spores très foncées.

Le mycélium jeune est blanc, grêle et non septé. Adulte, il est presque noir, fortement cutinisé et cloisonné, d'une largeur de 3 μ environ. Il est partiellement rampant. Souvent, plusieurs filaments sont parallèles et réunis par des anastomoses très espacées, de manière à former un lacis assez lâche ; ils présentent donc une certaine tendance à la corémiation.

Les conidiophores sont septés, ont l'aspect des autres parties du mycélium et portent directement la spore pluricellulaire. Ils sont généralement simples, parfois bifurqués.

Le mode d'implantation des conidiophores sur les filaments est une grappe simple. (Pl. VII, fig. 1.)

Les spores sont terminales, généralement isolées. Elles sont assez polymorphes, en forme de poire retournée, ou diversement ovoïdes, vert plus ou moins foncé (1), fortement cutinisées, parfois hérissées de petites pointes, pluricellulaires (4 à 8 cellules dans la plupart des cas), cloisonnées en mur.

Les cloisons transversales sont au nombre de deux à cinq et dessinent des plans parallèles. Les longitudinales sont toujours moins nombreuses. On en compte une à trois, dont la situation est d'ailleurs variable. (Pl. VII, fig. 4.)

On observe quelquefois des cloisons obliques, divisant en parties inégales un segment délimité par les transversales.

Les cellules sont donc de formes et de dimensions variables suivant le nombre et la disposition des cloisons.

Les étranglements sont assez marqués et donnent à la spore un aspect de sarcine.

(1) Selon Rabenhorst, la coloration en est gris noir. Malgré cette différence, nous avons, en raison de la conformité des autres caractères, rapporté cette espèce au *Stemphylium piriforme* Bonord.

Le segment supérieur terminal présente fréquemment une couleur brun ocre, qui tranche sur la coloration verte du reste de l'organe.

Les dimensions des spores sont très variables. Elles sont en moyenne de 25-30 μ × 12-15 μ. Quelques-unes sont presque sphériques (23 μ × 20). D'autres, plus rares, sont au contraire très allongées (33 μ × 15; 33 μ × 8) ; elles sont alors cloisonnées dans le sens transversal seulement et paraissent être des formes de passage entre le mycélium et les spores.

Mode d'inflorescence. — Les spores, avons-nous dit, sont le plus souvent isolées, mais elles sont groupées quelquefois en une cyme unipare scorpioïde. (Pl. VII, fig. 2, 3.)

On voit alors, au pied d'une spore acrogène, naître un petit rameau qui pousse obliquement et donne lui-même une deuxième spore. Au pied de cette dernière, se forme un autre ramuscule, qui va porter une troisième spore. Ce processus, qui peut se renouveler quatre, cinq ou six fois, produit une inflorescence scorpioïde très nette.

Formes alternarioïdes. — On voit quelquefois deux ou trois spores superposées, mais jamais davantage. Elles représentent un début de chapelet. La formation de la spore la plus jeune est centrifuge, comme chez les *Alternaria.* (Pl. VII, fig. 5.)

On peut observer, sur le même rameau, simultanément une forme alternarioïde et une inflorescence scorpioïde. On constate aussi l'existence de « formes de passage » du mycélium aux spores.

Mode de développement des spores « en mur ». — L'extrémité du filament se renfle et s'isole par une cloison. La spore jeune ainsi formée grossit, puis quand elle a atteint son volume normal, elle se cloisonne. Quelquefois aussi, mais le fait est plus rare, le phénomène débute quand elle est encore très petite.

Les cloisons transversales apparaissent les premières ; viennent ensuite les longitudinales, qui donnent à l'organe un aspect caractéristique.

Germination des spores pluricellulaires. — Elle ne présente rien de particulier. Chaque cellule étant susceptible de germer, il n'est pas rare de voir la spore donner plusieurs tubes à la fois. (Pl. VII, fig. 6.)

Nous n'avons constaté l'existence d'aucun autre moyen de repro-

duction que les spores pluricellulaires. Nous n'avons notamment jamais observé de pycnides ou de périthèces.

Le *Stemphylium piriforme* pousse aisément en tube Borrel et il ne tarde pas à recouvrir le bouillon de carotte d'un enduit noirâtre. La portion superficielle du voile possède les mêmes caractères que la partie aérienne. Plus profondément, on trouve des filaments avec cellules renflées et déformées.

Le mycélium immergé a un calibre supérieur à celui du mycélium aérien. Sa largeur est de 4 à 10 μ. Il est souvent irrégulier, d'aspect toruleux. Sa coloration est blanchâtre. Il présente, par endroits, de longs articles sans cloisons et possède de très nombreuses gouttelettes d'huile et des chlamydospores.

Quelquefois existent des cellules renflées en tonnelets, avec nombreuses gouttelettes huileuses (dimensions 30-35 μ × 8).

Remarquons que la torulation n'est jamais très accentuée, en raison sans doute de la résistance des parois.

Toutes les formes de passage existent entre le mycélium aérien et le mycélium immergé.

Au fond du tube Borrel, on récolte des filaments enchevêtrés, blancs, minces, de calibre régulier, cloisonnés de loin en loin, avec des articles très longs. Ils présentent quelques rares chlamydospores, de petites dimensions.

Nous n'avons pas vu de « formes-levures ».

Forme corémiée. — Dans les milieux concentrés et notamment sur bouillon de carottes fort, nous avons observé une véritable forme corémiée, avec anastomoses et échange de protoplasma entre les filaments, qui présentaient, en outre, de nombreuses gouttelettes d'huile. (Pl. VII, fig. 7.)

Stemphylium verruculosum Zimmerm.

Ce *Stemphylium* a été trouvé sur papier à cigarettes. Il pousse très facilement, comme les autres espèces, sur les milieux les plus variés. Il donne sur carotte un gazon vert très foncé.

Le mycélium aérien est brun verdâtre, d'un ton qui rappelle la moutarde, cloisonné, ramifié.

Le filament principal est très gros et composé d'articles rectangulaires. Il donne des ramifications, insérées latéralement et d'un calibre bien moindre (2 à 3 μ).

Les rameaux conidiophores sont plus foncés que le reste du

mycélium et sont assez courts (30 à 50 μ de long en moyenne). Ils sont souvent verruqueux et atteignent alors 8 μ de largeur à leur partie subterminale. (Pl. VII, fig. 17.)

Les spores, d'abord claires et granuleuses, deviennent ensuite plus foncées que les conidiophores. Elles sont, à maturité, presque noires et complètement opaques. Leur segment inférieur est souvent un peu plus clair que le reste de l'organe. Elles sont très polymorphes (Pl. VII, fig. 10 et 12 à 15) et généralement à peu près ovalaires ou ovoïdes, parfois divisées en cellules qui figurent les pierres d'un mur.

Les types les plus fréquents possèdent trois à quatre cloisons transversales, à peu près parallèles et une ou deux longitudinales ou légèrement obliques.

Quelquefois les cloisons sont plus ou moins irrégulières et obliques. Assez rarement, elles sont courbes et donnent alors à la spore un aspect alvéolaire. (Pl. VII, fig. 9.)

Les étranglements au niveau des cloisons ne sont pas constants.

Les dimensions sont aussi variables. Elles sont généralement de 18-22 μ × 11-13 et, si la spore a la forme d'un ovoïde court, de 20 μ × 18. On trouve aussi des types allongés, ayant 23 μ × 13.

Les verrues ou tubercules sont irrégulièrement placés. On les observe surtout sur les vieilles spores. (Pl. VII, fig. 10 et 12 à 15.)

L'inflorescence est en cyme unipare hélicoïde. La germination se fait par un ou plusieurs tubes. Elle ne présente aucune particularité qui mérite d'être signalée.

Le mycélium aérien possède des chlamydospores. Elles n'ont pas de caractère spécial.

Sur bouillon de carotte, ce *Stemphylium* produit un voile solide, qui emprisonne le liquide sous-jacent. Les spores y sont très nombreuses, mais n'ont pas de verrues, la formation de ces appendices étant probablement empêchée par la grande humidité.

La partie immergée possède un mycélium toruleux, très volumineux, vert clair, avec de nombreuses gouttelettes d'huile et de grosses granulations à l'intérieur des cellules. Les dimensions de chaque article sont de 12 μ × 10-12.

Au fond du tube, on trouve un mycélium toruleux, très différent comme calibre d'un filament à l'autre (en moyenne 15-20 μ × 6-8 μ, par article), incolore ou verdâtre clair, avec granulations pâles, irrégulier, très enchevêtré, stérile.

Stemphylium graminis (Corda) Bonord.

Cette espèce a été trouvée sur du carton. La culture est presque noire et forme sur le liquide nutritif une sorte de voile brun très foncé.

Le mycélium est d'un brun jaunâtre, tirant sur l'ocre, cloisonné, ramifié. Les articles qui le composent se séparent facilement

Les filaments stériles sont à peu près rectilignes.

Les ramifications ont 3 μ de largeur en moyenne.

Les conidiophores sont latéraux, insérés perpendiculairement Ils sont simples ou ramifiés, un peu plus clairs que le reste du mycélium, d'une largeur de 1,5 à 2 μ.

Certaines parties des filaments sont moniliformes, en « files de perles », dit Corda. Ils ont l'aspect du « mycélium durable » qu'a décrit Planchon chez l'*Alternaria polymorpha* et l'*A. varians*. (Pl. VIII, fig. 7.)

Les articles moniliformes sont de taille variable. Ils ont, en moyenne, 8-12 μ × 3-8.

Les spores sont brun foncé, très cutinisées, quelquefois munies d'un petit pédicule. (Pl. VIII, fig. 1 et 4.) Leur chute est précoce. Elles sont souvent isolées, parfois insérées en cyme unipare hélicoïde ou même scorpioïde.

Leur développement est intéressant à suivre. Jaunâtres et unicellulaires au début, elles ne tardent pas à présenter une cloison transversale, puis une deuxième, longitudinale. Elles ont alors 10 μ sur 10 et rappellent, en miniature, le *Stemphylium macrosporoideum*. (Pl. VIII, fig. 6 *a*.) Mais cet état est passager, les cloisons se multiplient, produisent un véritable massif cellulaire et déterminent des étranglements très marqués. (Pl. VIII, fig. 4.) A maturité, les spores sont brun très foncé, presque opaques, mesurent 20 μ sur 12 en moyenne, et n'ont ni aspérités, ni verrues.

Au voisinage du liquide, en tube Borrel, on trouve des formes toruleuses, non cutinisées.

Le mycélium immergé, peu développé, est formé de filaments incolores très grêles, avec gouttelettes d'huile, et ne présentant pas d'intérêt particulier.

Dans la partie strictement aérienne, nous avons observé des éléments *fumagoïdes* nombreux et ressemblant à ceux des *Alter-*

naria (comparer avec les figures de Planchon). Ils sont sphériques ou un peu ovoïdes, foncés, cutinisés et mesurent 5 à 9 μ dans les deux sens. Ils sont isolés ou groupés en masses plus ou moins régulières, dont les dimensions sont évidemment très variables. La masse qui figure sur notre dessin a 40 μ sur 35. (Pl. VIII, fig. 11.)

Nous avons aussi constaté l'existence de nombreuses *formes de passage*, qui font l'intérêt de cette espèce.

a. *Du mycélium ordinaire au mycélium durable et aux spores.* — Quelques-unes de ces formes ont un aspect alternarioïde (Pl. VIII, fig. 6 *b* ; d'autres rappellent le mycélium durable des *Alternaria*.

Certaines autres encore se compliquent au point de ressembler à des *débuts de pycnides*. (Pl. VIII, fig. 2, 8, 10.) On trouve d'ailleurs de ces fausses pycnides à des états de cutinisation divers, allant du blanc à un brun aussi foncé que celui des spores. A maturité, elles sont nettement plus cutinisées que le reste du mycélium et de dimensions très variables. Celles que nous avons observées ont une longueur totale de 100 à 150 μ et une largeur de 4 à 12 μ.

Elles sont composées d'éléments qui ont 6-20 μ × 4-12.

Ces derniers peuvent être schématiquement divisés en quatre catégories :

1° Très longs et minces (20 μ sur 4) ; ils représentent une forme de passage au mycélium ordinaire ;

2° Ovalaires (10-15 μ × 6-12 μ) ;

3° Presque sphériques, les plus nombreuses (6 à 7 μ ou 7 à 12 μ dans les deux sens, ou 10 μ sur 12).

b. *Des spores aux formes fumagoïdes.* — Ces formes sont très foncées, fortement cutinisées et mesurent 8 à 12 μ dans les deux sens. Elles se réunissent quelquefois pour former de véritables massifs cellulaires, dont la taille, naturellement variable selon le nombre et la disposition des éléments qui les composent, peut être de 15 μ sur 12, ou de 20 μ sur 12 à 15, ou de 18 μ sur 15, etc. (Pl. VIII, fig. 5.)

Oudemans (1) assure que ce *Stemphylium* possède, outre des spores en massif, deux autres formes de conidies rappelant celles du *Fusarium* et du *Sporotrichum*.

Les premières, selon ce botaniste, seraient recourbées, hyalines

(1) Oudemans. — *Ned. Kruidk. Arch.* 3e Série, II, p. 316, in Rab. IX, p. 209

et auraient 20-40 μ × 4-5 μ, avec trois cloisons. Nous n'avons pu les obtenir dans aucune condition de culture.

Les secondes, beaucoup plus nombreuses, seraient sphériques, hyalines et mesureraient 3 à 7 μ de diamètre. Les chaînettes en « files de perles » de CORDA ne seraient, ajoute OUDEMANS, que des conidies de *Sporotrichum* rangées en forme de chapelets.

Les « conidies » de la seconde catégorie peuvent s'expliquer d'une manière plus simple que ne le fait OUDEMANS. Elles sont, à notre avis, une sorte de mycélium durable, si fréquent chez les *Alternaria*, plus rare chez les *Stemphylium*, et qui marque le passage entre le mycélium ordinaire et les spores ou, peut-être, des pycnides.

Nous sommes persuadés que ces soi-disant conidies, genre *Sporotrichum*, doivent être, malgré la différence de taille, identifiées avec les éléments à peu près sphériques que nous avons observés et qui mesurent 6 à 7 μ de diamètre, quelquefois 7 à 12 μ. Le mycélium, en effet, change facilement de calibre avec le milieu où il est cultivé. Le jus ou le bouillon de carotte, en particulier, favorisent l'augmentation de son volume et, du reste, nos propres figures montrent des éléments de tailles très diverses.

Cette espèce, peut-on dire, forme donc, en raison de son mycélium très spécial, un terme de passage entre les *Stemphylium* et les *Alternaria*, ce qui démontre bien la parenté de ces deux genres.

ALTERNARIA

Les *Alternaria*, selon la classification adoptée par RABENHORST, appartiennent à la famille des Dématiées, division des Phéodictyées, subdivision des Alternariées.

Diagnose. — Hyphes stériles, rampantes, septées.

Conidiophores droits, septés, courts, généralement non ramifiés. Spores arrondies, ou en forme de massue ou de bouteille, cloisonnées, très foncées et terminées souvent par un col hyalin blanchâtre, réunies en chapelets.

Chapelets généralement fragiles, souvent très longs, quelquefois bifurqués vers leur milieu, toujours centrifuges.

Pas de limite nette entre le mycélium et les spores en massif. Fréquence des états fumagoïdes et existence de formes de passage nombreuses, comme l'a observé PLANCHON.

Les spores pluricellulaires peuvent, au même titre que celles des *Stemphylium* et des *Macrosporium*, être considérées comme intermédiaires aux chlamydospores et aux conidies ordinaires. D'abord unicellulaires et non septées, elles sont divisées ensuite en deux par une cloison transversale. Apparaissent ensuite une première cloison longitudinale, puis une seconde (dans les deux dimensions de l'espace), qui partagent la spore en huit cellules susceptibles de se diviser à leur tour. Ce processus de cloisonnement est comparable, selon Zopf (1), à celui des *Septosporium*.

Le champignon possède-t-il des moyens de reproduction autres que les spores pluricellulaires et notamment une forme parfaite? — Nous avons observé chez une espèce, après Planchon, des pycnides et, par conséquent, des stylospores. Nous n'avons jamais obtenu de périthèces.

Il est cependant bien probable que les *Alternaria* ne sont que des appareils conidiens ressortissant d'une forme parfaite.

Cette opinion a été émise depuis longtemps par les botanistes les plus éminents. C'est ainsi que Tulasne (2) rattache au *Pleospora herbarum* l'*Alternaria tenuis*, mais il ne précise pas, toutefois, les conditions de ses recherches.

En 1873, Gibelli et Griffini (3) croient à l'existence de deux *Pleospora* différents, dont l'un, le *Pl. Alternariæ* aurait pour forme conidienne une *Alternaria*.

Trois années plus tard, en 1876, Bauke (4) constate que les ascospores de *Pleospora* donnent, soit une *Alternaria* et des pycnides, soit un *Macrosporium* et des périthèces.

En 1883, par contre, Kohl nie toute relation entre le *Pleospora* et l'*Alternaria*, mais rien ne prouve qu'il ait eu entre les mains le même *Pleospora* que ses prédécesseurs.

Mattirolo (5), en 1888, revient à peu près à l'opinion de Gibelli et Griffini. Selon lui, le *Pleospora Alternariæ* de ces deux auteurs se confond avec le *Pl. infectoria* Fuckel et le *Pl. vulgaris* Niessl,

(1) Zopf. — *Loc. cit.*, p. 114.

(2) Tulasne. — *Sel. carp. Fung.*, II, p. 261.

(3) Gibelli et Griffini. — Sull Polimorfismo della *Pleospora herbarum*, Pavie, 1873.

(4) Bauke. — Beitrage zur Kenntniss der Pykniden. Nova acta der cœs. Leopold Carol. Deutschland Akademie der Naturforscher, Halle XXXVIII, N° 5. — Zur Entwickelung der Ascomyceten. *Botanische Zeitung*, 1877, pp. 313-320.

(5) Mattirolo. — Sull Polimorfismo della *Pleospora herbarum* Tul. e sul valore specifico della *Pl. sarcinula* e della *Pl. Alternariæ* di Gibelli e Griffini. Malpighia II 1888, p. 357.

et la forme conidienne en est l'*Alternaria tenuis* (1). Kingo Myabe (2) par contre, déclare que l'*Alternaria* n'est pas la forme conidienne d'un *Pleospora*.

Berlèse (3), lui, reconnaît l'existence de relations entre l'*Alternaria tenuis* et le *Pleospora infectoria*. Cette idée est aussi admise par Cavara et Mollica (4), qui rapportent au *Pleospora pentaseptata* (*Pl. Alternariæ* Gib. et Griff., *Pl. infectoria* Fuck.), une *Alternaria* trouvée sur des feuilles malades de *Corypha australis*.

La question, on le voit, n'est pas encore complètement élucidée.

Affinité des alternaria avec les genres voisins. — 1° *Alternaria*, *Stemphylium* et *Macrosporium*. M. Matruchot (5), dès 1892, a fait remarquer que *Stemphylium*, *Macrosporium*, *Alternaria* sont formes parentes.

Ces trois genres, en effet, ont même aspect, même allure générale Leur mycélium, leurs formes cutinisées, leurs spores pluricellulaires sont tout à fait comparables. La principale divergence réside dans le mode d'inflorescence des spores qui, en file chez les *Alternaria*, sont en cyme unipare, scorpioïde ou hélicoïde, chez les *Macrosporium* et les *Stemphylium*.

Cette différence n'est d'ailleurs pas profonde, car elle revient à ce fait que dans le genre *Alternaria*, la deuxième spore se forme sur le sommet de la première, au lieu de naître à son pied, comme c'est le cas des *Macrosporium* et des *Stemphylium*.

Mais cette règle même subit des exceptions. Les deux modalités peuvent, en effet, se rencontrer simultanément dans la même espèce et nous avons vu notamment, chez le *Stemphylium piriforme*, des files alternarioïdes de trois spores remplacer, en quelques points de la culture, des cymes scorpioïdes. Inversement, les *Alternaria* présentent, dans les cas anormaux, une cyme scorpioïde au lieu d'un chapelet.

La transformation du chapelet en une cyme est toujours accom-

(1) Cette bibliographie est empruntée à Costantin. Sur les variations des *Alternaria* et des *Cladosporium*. *Revue Générale de Botanique*, T. I, 1899, pp. 453-466 et 501-508.

(2) Kingo Myabe. — On the life history of *Macrosporium parasiticum* Thüm. *Annales of Botany*, Vol. III, N° 9.

(3) Berlèse. — *Pleospora infectoria*. Icones Fungorum II, p. 11.

(4) Cavara et Mollica. — Ricerche intorno al ciclo evolutivo di una interessante forma di *Pleospora herbarum*. Atti Academia Gioenia, Ser. IV, Vol. XIX, 1906.

(5) L. Matruchot. — Recherches sur le développement de quelques Mucédinées, Paris, 1892, p. 36.

pagnée, c'est là une remarque générale, d'une diminution dans le nombre des spores qui forment l'inflorescence et elle est relativement fréquente, quand les conditions extérieures ne conviennent pas au champignon. Nous l'avons observée en particulier sur un *Stysanus*, au moment où le milieu de culture commençait à s'épuiser.

Les *Alternaria* possèdent parfois, nous l'avons dit, des files bifurquées ou ramifiées et, en outre, peuvent présenter des formes macrosporioïdes.

Les divers groupements sporifères (files simples, bifurquées ou ramifiées, cymes) paraissent donc être de même ordre et certaines espèces, telles que le *Septosporium*, peuvent toutes les posséder, comme on peut le voir sur la figure de Zopf (1).

2° *Alternaria* et *Cladosporium*. — Les rapports réciproques de ces deux genres ne sont pas encore nettement élucidés.

Tulasne (2) rattachait deux états conidiens, l'*Alternaria tenuis* et le *Cladosporium herbarum* à la même forme parfaite, le *Pleospora herbarum*, assertion qui ne fut pas admise par tous les observateurs.

Mattirolo (3) soutint que, cultivées dans des conditions défavorables, les spores d'*Alternaria* sont susceptibles de donner une forme de petites dimensions simulant un *Cladosporium*. Costantin (4) reprit cette idée. Il a fait, en milieu neutre, des ensemencements successifs d'*Alternaria tenuis* avec des spores déjà modifiées par culture prolongée sur jus d'orange et il a vu cette espèce régresser et ressembler à un *Cladosporium*. De même, sur acide picrique, il a constaté, à la périphérie de la culture, des fructifications d'*Alternaria* et, au centre, des aspects nets de *Cladosporium*.

En somme, comme dit Planchon, M. Costantin « a obtenu « en cultivant l'*Alternaria tenuis*, des formes cladosporioïdes ; en « cultivant le *Cladosporium*, des formes alternarioïdes ; il semble « admettre entre les deux les rapports les plus étroits ». Toutefois, il n'a pas assisté à une transformation d'un genre dans l'autre et, malgré tout l'intérêt qui s'attache à ses recherches, il n'a pu démontrer que les deux formes se confondent.

Telle est la conclusion de Planchon qui, lui non plus, n'a pu voir la métamorphose d'une *Alternaria* en *Cladosporium*. Il n'a

(1) Zopf. — *Loc. cit.*, fig. 22, p. 32.
(2) Tulasne. — *Loc. cit.*
(3) Mattirolo. — *Loc. cit.*
(4) Costantin. — *Loc. cit.*

obtenu que des formes dégénérées cladosporioïdes et non un *Cladosporium* vrai et, en outre, n'a pas trouvé un seul « passage véritable ».

Jusqu'à nouvel ordre, on peut donc considérer l'*Alternaria* et le *Cladosporium* comme des plantes différentes.

Polymorphisme. Habitat. — Les *Alternaria* sont, en général, très plastiques et les divers milieux modifient notablement leur aspect, ce qui n'est pas fait pour simplifier leur étude. On a prétendu qu'ils étaient parasites. Ils peuvent, en tout cas, vivre en saprophytes et notamment sur le papier. Il est donc probable que l'extrême plasticité de la plante lui permet de s'accommoder aux milieux les plus divers.

Ajoutons enfin que l'on observe fréquemment, dans les cultures, des parties dégénérées. Les filaments y sont presque incolores, stériles ; ils ont tendance à se corémier et rappellent les formes pléomorphiques.

Les espèces que nous avons isolées sont : *Alternaria polymorpha* Planchon, *Al. chartarum* Preuss, *Al. varians* Planchon, *Al. humicola* Oud.

Alternaria polymorpha Planchon.

Cette espèce, décrite pour la première fois par Planchon (1) est assurément répandue, car nous l'avons récoltée sur des papiers très différents (papier blanc, dit écolier, papier à chandelle, etc.).

Elle est très polymorphe et Planchon a pu la voir végéter sous les états suivants : formes-levures, pycnides avec stylospores, mycélium et spores en massifs.

Elle pousse aisément sur les milieux usuels. Les cultures, d'abord blanchâtres, foncent par places, puis sont progressivement envahies par une coloration presque noire.

Le mycélium, au microscope, est verdâtre ou olivâtre, cutinisé, cloisonné et présente fréquemment des gouttelettes d'huile.

Les rameaux conidiophores sont à peu près rectilignes, cloisonnés, généralement simples et portent à leur extrémité distale un chapelet de spores.

Les spores sont irrégulièrement piriformes et divisées, par des

(1) Planchon. — Influence de divers milieux chimiques sur quelques champignons du groupe des Dématiées. *Annales Sciences naturelles*, T. XI, 1900, pp. 48-92.

cloisons transversales et longitudinales, en plusieurs cellules (6 à 12 en moyenne). Les segments terminaux n'ont généralement pas de cloison longitudinale. Les spores sont, à maturité, brun foncé, cutinisées : elles ont des parois épaisses, présentent des étranglements et sont terminées par une pointe plus claire. (Pl. IX, fig. 1.)

Leurs dimensions, dit PLANCHON, sont très variables. Cet auteur indique 20 × 10 μ en moyenne, mais nous avons obtenu des chiffres un peu plus élevés (20-30 μ × 10-18 et même quelquefois 40 μ × 12-15), qui tiennent sans doute aux conditions différentes dans lesquelles nous avons cultivé l'espèce.

Les files sont fragiles et comprennent quatre ou cinq éléments.

L'isthme qui unit les spores est d'abord blanc, puis brunâtre. Il a une longueur variable, 5 à 12 μ en général et une largeur, à sa partie moyenne, de 3 à 5 μ.

Les chapelets ont une formation basifuge et l'on voit souvent sur le sommet de la spore la plus jeune, se former un bourgeon blanchâtre ou verdâtre, qui est le début de la spore suivante. (Pl. IX, fig. 3, 5.) Ils sont parfois bifurqués et même ramifiés. (Pl. IX, fig. 4.) Nous avons vu notamment dans un chapelet une spore donner latéralement un petit filament à l'extrémité duquel se produisait une file, et cette dernière former à son tour, par le même processus, une nouvelle chaînette. (Pl. IX, fig. 2.)

La germination de la spore pluricellulaire se fait par un ou plusieurs tubes, trois ou quatre au maximum. D'abord blancs, grêles et non septés, ils ne tardent pas à prendre les caractères du mycélium adulte. (Pl. IX, fig. 6.)

Les formes de passage entre les spores et le mycélium aérien sont très nombreuses. Nous nous bornons à les signaler, car elles ont été soigneusement décrites par PLANCHON, ainsi que les états fumagoïdes et les oïdies, que cet auteur a observés en cultivant le champignon dans divers liquides chimiques.

En tube Borrel, la partie immergée du mycélium est assez réduite blanchâtre, d'un calibre un peu supérieur aux filaments aériens, et présente une tendance à la corémiation. Elle se compose de cellules courtes, un peu renflées, à parois épaisses et renfermant de nombreuses gouttelettes d'huile et quelques chlamydospores.

Formes-levures. — Observées et soigneusement décrites par PLANCHON, elles offrent, vues en masse, une coloration rose. Elles sont sphériques, ovoïdes ou cylindriques, bourgeonnantes,

entourées d'une mince auréole de mucilage et présentent à leur intérieur des gouttelettes réfringentes.

Les formes-levures sont d'abord unicellulaires et souvent ensuite divisées en deux par une cloison transversale. Leur diamètre va de 2 à 12 μ. Incolores au début, elles se cutinisent généralement en vieillissant.

Elles germent avec facilité. On les voit alors se gonfler et, après scission éventuelle en deux cellules, donner un tube germinatif qui présente des gouttelettes réfringentes et parfois se bifurque en deux branches divergentes. Souvent la cellule-levure donne un tube par chacun de ses pôles. Le mycélium ainsi produit se cloisonne ultérieurement. Quelquefois, comme on le verra plus loin, la forme-levure est le point de départ d'une pycnide. Elle ne provoque aucune fermentation dans les liquides sucrés.

Pycnides. — Cultivée en cellule van Tieghem, l'*Alternaria polymorpha* a donné des pycnides. Leur développement est très rapide (trois ou quatre jours) et comprend plusieurs stades.

Stade A. — Deux cas peuvent se présenter, comme l'a vu Planchon, suivant que la cellule initiale appartient à un filament ou qu'elle est constituée par une forme-levure.

I. — La pycnide se développe aux dépens d'une cellule d'un filament. C'est l'éventualité la plus fréquente, au moins dans nos conditions d'observation (cultures sur jus de carotte et sur carotte).

Notre description s'écarte par quelques points de celle de Planchon, ce qui tient évidemment à la différence des milieux nutritifs employés. Cet auteur a, d'ailleurs, reconnu le premier que les divers substrata modifient le mode de constitution et même l'aspect des pycnides.

Sur un filament hyalin, une cellule se renfle et devient sphérique ; ses parois s'épaississent, mais sans toutefois se cutiniser. Elle est l'embryon de la pycnide. (Pl. IX, fig. 7.) Au-dessus et au-dessous d'elle, le filament qui la porte, et qui peut être appelé « principal », devient plus volumineux et présente des éléments renflés «en tonnelet». L'augmentation de calibre n'est d'ailleurs pas brusque, mais se fait graduellement, à mesure que l'on se rapproche de la cellule sphérique, si bien que l'on aperçoit toutes les transitions entre les articles renflés et le mycélium normal. (Pl. IX, fig. 8.)

La cellule sphérique se divise ensuite en deux par une cloison transversale, plane ou légèrement courbe.

Ce stade est donc caractérisé par un début de développement sur un filament et rappelle celui que PLANCHON a observé dans les cultures sur gélatine.

II. — La pycnide est formée par une cellule-levure. Une forme-levure, ou même une stylospore végétant comme telle et provenant d'une pycnide qui existait antérieurement, se gonfle et devient ronde. Ses parois s'épaississent, puis une cloison tranversale la sépare en deux cellules superposées.

Stade B. — Il fait suite à l'une ou l'autre des précédentes éventualités. Il est caractérisé par l'apparition de multiples cloisons et la formation consécutive d'un massif qui s'organise et ne tarde pas à être composé de petites cellules polygonales.

Stade C. — La jeune pycnide émet à son tour des filaments que l'on peut dénommer « secondaires ». (Pl. IX, fig. 10 à 12.) Ils sont plus ou moins nombreux, souvent assez compliqués. Quelques-uns d'entre eux s'enroulent autour de l'organe nouvellement formé. Ils sont souvent de calibre supérieur à leurs voisins et présentent de nombreuses gouttelettes d'huile. D'autres, faisant retour au filament principal, méritent le nom de « récurrents » et donnent aux préparations une physionomie très particulière. Ils ont été observés, d'ailleurs, par PLANCHON, et sont très visibles sur les figures qu'il a dessinées. De plus, et ce fait a été également noté par PLANCHON, certains filaments voisins de la pycnide sont enroulés sur eux-mêmes, sans que l'on puisse expliquer la raison de ces courbures particulières (ébauches de périthèces, ou début de pycnides, suivant un mode différent?). Ces filaments renferment, du reste, de nombreux petits corpuscules verdâtres.

Le massif cellulaire, entre temps, s'est creusé et sa cavité s'est remplie de stylospores.

Stade D. — La pycnide mûre est à peu près ovoïde ou piriforme. (Pl. X, fig. 1.) Placée sur des filaments entrelacés, dont quelques-uns l'entourent, elle a l'aspect d'un nid d'oiseau au milieu des branches. Elle a une couleur qui va du jaunâtre ou du brun clair (culture en jus de carotte) au brun noirâtre (solution aqueuse de glucose, azotate de potasse et phosphate de soude monobasique) et présente un orifice bordé de cellules foncées et parfois, mais rarement, un col ou goulot plus ou moins allongé.

Les pycnides sont généralement isolées, mais quelquefois deux d'entre elles, développées sur deux filaments principaux parallèles,

se touchent. Dans d'autres cas, elles peuvent être soudées à deux ou à trois et présentent un nombre correspondant d'orifices. (Pl. X, fig. 3.)

Nous avons vu aussi des pycnides en file d'*Alternaria* (2 à 5 par file), placées, à la suite les unes des autres, sur un seul filament (Pl. X, fig. 2) (fait d'ailleurs signalé par PLANCHON), si bien que l'on peut se demander si les « spores » d'*Alternaria* ne seraient pas des pycnides arrêtées dans leur développement.

Les dimensions des pycnides varient beaucoup avec l'organe considéré et avec son âge. Nous avons fréquemment compté 250 μ sur 350.

Mode de libération des stylospores. — Les stylospores sont mises en liberté par l'orifice de la pycnide. Elles sont agglomérées par une substance mucilagineuse ; aussi les voit-on, dans le champ du microscope, sortir sous la forme d'un large ruban pelotonné qui, peu à peu, se déroule et finalement se résout en une foule de petits éléments blancs.

D'abord petites et à peu près ovoïdes (4 × 3 μ), les jeunes pycnoconidies grossissent ensuite, tendent à devenir cylindriques et prennent des aspects de formes-levures, rappelant les « conidies » de *Dematium*. Elles atteignent alors environ 10 × 8 μ.

Les stylospores sont, au début, incolores et renferment de petits corps réfringents. Elles germent souvent sous cet état, mais parfois elles deviennent brunes et se cutinisent.

La *germination* des stylospores est très intéressante à suivre. Ces éléments, directement prélevés dans une pycnide ouverte et reportés en cellule van Tieghem, se renflent et deviennent presque sphériques.

Trois éventualités sont alors possibles :

1° Les stylospores bourgeonnent et se divisent comme des levures, en une semaine environ. (Pl. X, fig. 4.) La forme et la taille qu'elles prennent sont alors des plus variables. Elles rappellent beaucoup les formes-levures précédemment décrites, et pourront ultérieurement redonner des pycnides.

2° Elles émettent des filaments qui s'anastomosent et englobent les stylospores voisines. La membrane d'enveloppe disparaît aux points de contact, ce qui amène la communication des contenus cellulaires.

Les formes ainsi produites sont fort compliquées, car plusieurs douzaines de stylospores peuvent participer à leur formation. (Pl. X, fig. 5 à 7 — Pl. XI, fig. 1.) Elles sont très variables et revêtent les figures les plus étranges. Nous avons vu, notamment, une disposition qui simulait un *Cephalothecium roseum* avec ses spores communiquant entre elles. (Pl. X, fig. 5 — Pl. XI, fig. 2.) La ressemblance n'est d'ailleurs qu'apparente. Dans le *Cephalothecium roseum*, en effet, les conidies se forment les unes après les autres sur le filament, comme l'a démontré M. Matruchot (1). Dans notre *Alternaria*, au contraire, les stylospores préexistent aux filaments, qui s'anastomosent secondairement avec elles.

Nous avons aussi observé des cycles fermés (Pl. XI, fig. 1) et des dispositions figurant des ébauches en miniature de files d'*Alternaria*, ou même des aspects de *Stemphylium* avec inflorescence scorpioïde (faits constatés dans les préparations van Tieghem, neuf jours après l'ensemencement).

Toutes ces formes sont incolores, sans trace de cutinisation, au moins les deux premières semaines, et très petites (la stylospore a alors environ 8 μ de long).

Les diverses stylospores, ainsi anastomosées, communiquent entre elles et ne sont jamais séparées par des cloisons. Elles émettent souvent, en même temps, un ou plusieurs filaments incolores, qui sont, de place en place, enroulés en spirales.

Ces aspects extraordinaires demandent environ huit jours pour se produire. On les constate pendant l'été et en cellules van Tieghem, c'est-à-dire en milieu confiné. Ils peuvent être considérés comme des formes anormales et n'ont d'ailleurs pas été signalés par Planchon.

3° Elles redonnent de grandes spores pluricellulaires d'*Alternaria*. Il faut alors les semer de préférence dans un milieu bien aéré (tube ordinaire ou tube Borrel) (2). On les voit grossir, se cutiniser légèrement et, se cloisonnant par le milieu, devenir bicellulaires. Elles germent ensuite et donnent un filament plus ou moins long, au bout duquel apparaît une grande spore pluricellulaire ou même une petite file.

La spore cloisonnée se forme parfois si rapidement, qu'elle naît

(1) Matruchot. — *Loc. cit.*

(2) Nous avons remarqué que l'*Alternaria* a peu de tendance à former les grandes spores en cellule van Tieghem.

directement, sans filament intermédiaire, sur la stylospore. Cette disposition produit un aspect assez curieux que nous avons reproduit dans nos dessins. (Pl. XI, fig. 3 à 6.)

Faux massifs cellulaires. — Les stylospores sont souvent unies, en grand nombre, par une substance mucilagineuse et simulent ainsi un massif. L'agglomération, au début, est purement mécanique ; elle est, comme en témoignent les vides existant dans ces amas cellulaires, une simple juxtaposition ; mais, au bout de quelque temps, les éléments grossissent, présentent des gouttelettes d'huile, se déforment par pression réciproque ; puis il s'établit une ouverture au niveau des parois en contact, et de ce fait, une communication entre les contenus cellulaires. Ces stylospores, ensuite, se cutinisent partiellement.

Cette disposition se retrouve dans une levure, le *Zygosaccharomyces* étudié par Guillermond, et où tous les éléments se fusionnent deux à deux. Elle est due, dans notre espèce, à la tendance particulière qu'ont les stylospores à s'anastomoser et elle est de même ordre que l'aspect de *Cephalothecium roseum* signalé plus haut.

Les faux massifs ont une forme irrégulièrement arrondie ou allongée et les éléments qui les composent sont, au moins pour ceux qui sont périphériques, capables de germer, absolument comme le font les stylospores isolées. (Pl. XI, fig. 7 à 9.)

Le phénomène produit d'ailleurs les aspects les plus variés. Les jeunes filaments donnent parfois, en effet, naissance à une spore pluricellulaire ou à une file d'*Alternaria* (cas fréquent). Parfois aussi, ils sont attirés par un véritable « chimiotactisme positif », vers d'autres faux massifs. Les éléments de ces derniers, germant à leur tour, produisent des tubes enroulés, des formes macrosporioïdes ou des chapelets d'*Alternaria*, ou même rencontrent de nouvelles agglomérations cellulaires avec lesquelles ils s'anastomosent.

Le cycle « pycnide-*Alternaria* » est donc réversible. Les *Alternaria*, en effet, ont donné des pycnides et, inversement, les stylospores redonnent de grandes spores d'*Alternaria*.

Les faits précédemment décrits prouvent cette réversibilité. Nous avons, en outre, ensemencé, avec les stylospores, des cellules van Tieghem et obtenu ainsi des cultures pures de pycnides, qui furent, à leur tour, reportées sur tubes de carotte. L'examen

de ces derniers a démontré qu'ils étaient composés de trois parties, nettement distinctes à l'œil nu et pouvant en imposer pour des cultures de champignons différents.

1° A la partie supérieure, on trouvait, outre du mycélium enroulé en spirale ou rassemblé en corémium, des filaments verdâtres, peu cutinisés, cloisonnés, d'abord stériles, puis portant des formes macrosporioïdes et alternarioïdes et enfin de vraies files d'*Alternaria*. On y voyait aussi de fausses pycnides colorées en vert, ou en vert brun, ne semblant pas se creuser, n'ayant pas d'orifice, ne donnant pas de stylospores et qui sont vraisemblablement des formes de passage entre les spores et les pycnides vraies.

2° A la partie moyenne, on apercevait de très nombreuses pycnides. Elles étaient volumineuses au point d'être visibles à l'œil nu, très allongées et présentaient deux ou trois orifices.

3° Enfin, au fond du tube, on trouvait une levure rose qui, réensemencée en surface dans un tube bien aéré, redonnait des spores typiques d'*Alternaria*.

Conditions favorisant l'apparition des pycnides. — L'humidité, la chaleur, l'air confiné, facilitent la formation des pycnides, aussi les obtient-on aisément en cellule van Tieghem, et, de préférence, pendant la saison d'été.

Au contraire, la sécheresse et l'aération aident à la naissance des files d'*Alternaria*, fait qui ne doit pas surprendre, puisque les « spores » peuvent être considérées comme des chlamydospores aériennes. Les deux formes de reproduction ne semblent pas coexister volontiers, comme le prouve la facilité avec laquelle on obtient exclusivement l'une ou l'autre.

Forme pléomorphique. — Nous avons enfin fréquemment observé, dans les cultures d'*Alternaria polymorpha*, des parties dégénérées. Ces dernières sont blanches et suffisamment étendues pour être visibles à l'œil nu. L'examen microscopique les montre composées d'un mycélium incolore, stérile, corémié et dont les ramifications, d'ailleurs peu nombreuses, s'accolent au filament dont elles proviennent.

Le mycélium dégénéré se continue par transitions insensibles avec les filaments normaux, colorés et fertiles. Nous n'avons pu déterminer les raisons qui provoquent son apparition.

Alternaria chartarum Preuss.

Nous avons récolté cette espèce sur du papier filtre, dans le laboratoire de Botanique de l'École Normale. Preuss (1) l'a trouvée, pendant la saison d'été, sur du papier à mouches et en a donné une bonne diagnose. Sa description est cependant incomplète et ne comporte, en particulier, aucune mesure.

Cultivée en tube Borrel, l'*Alternaria chartarum* couvre la surface du liquide d'un duvet grisâtre ou gris verdâtre, qui, légèrement gratté, laisse apercevoir une zone vert très foncé, renfermant de nombreuses spores.

Le mycélium a une croissance indéfinie. Il est gris verdâtre pâle, composé d'hyphes enchevêtrées, cloisonné, ramifié.

Les hyphes stériles sont généralement rampantes, peu colorées d'un diamètre de 5 μ environ. De place en place, des filaments s'y insèrent perpendiculairement. Ils sont dressés et c'est leur extrémité supérieure qui forme le duvet à la surface du liquide. Ils sont en outre ramifiés et portent latéralement des conidiophores.

Les conidiophores, insérés plus ou moins obliquement, sont simples et cloisonnés. Ils ont, en moyenne, 40 μ de long. Leur largeur, de 5 μ à la base, est un peu moindre (4 μ) au sommet. L'extrémité supérieure de l'organe est souvent cutinisée ; elle est de même couleur que les spores.

Les spores sont isolées ou en chapelets. Elles sont généralement à peu près sphériques, quelquefois légèrement allongées et possèdent un long cou blanc. (Pl. XII, fig. 3.) Leur couleur gris verdâtre rappelle, en plus foncé, celle du mycélium. Elles sont assez fortement cutinisées. Elles s'étirent un peu pendant leur développement ; aussi, dans une file, la dernière spore formée est-elle souvent arrondie, alors que les premières sont plutôt ovoïdes. (Pl. XII, fig. 1, 2, 4.)

La partie supérieure des conidies est « en forme de cou », dit Rabenhorst, et blanche, ce qui produit une alternation de teintes très nette. L'extrémité inférieure est plus ou moins renflée.

Les spores sont pluricellulaires. On trouve généralement deux à cinq cloisons transversales parallèles et une à trois cloisons longitudinales. Ces dernières sont incomplètes ; elles ne s'étendent pas sur toute la hauteur de la spore et n'occupent souvent qu'un segment.

(1) Preuss. — In *Sturm. Deutschlands Flora-Pilze*, VI, p. 97.

On observe quelquefois des cloisons obliques, irrégulières ou courbes. Dans les figures de Preuss, on aperçoit des cloisons obliques dessinant, au centre de l'organe, une sorte de losange à grandes dimensions transversales.

La septation est tardive. Les cloisons transversales apparaissent les premières.

Les étranglements sont généralement nuls ou peu marqués.

Les dimensions des spores sont assez variables : elles sont, en moyenne, de 27-45 μ × 12-15.

Les files sont longues (six à douze spores) et ont une formation basifuge. Elles sont solides, si bien qu'on ne trouve guère de spores isolées nageant dans le liquide de la préparation. Elles sont rectilignes, quelquefois bifurquées en Y.

Les spores, nous l'avons dit, sont séparées par une pièce intermédiaire blanche.

Nous n'avons jamais observé de pycnides, ni de périthèces.

Cette description permet, à notre avis, malgré la différence de couleur (gris verdâtre, au lieu de vert noir ou brun) d'assimiler notre espèce à l'*Alternaria chartarum* Preuss.

La spore pluricellulaire germe facilement sur tous les milieux usuels, en donnant un ou plusieurs tubes, qui prennent rapidement l'aspect du mycélium adulte.

Formes enkystées. — L'examen du mycélium vieux laisse apercevoir des formes enkystées et fumagoïdes, surtout nettes près de la paroi du tube Borrel, à la limite de la ligne de flottaison. Ces aspects, comme l'a démontré Planchon, sont d'ailleurs fréquents chez les *Alternaria.*

Au-dessous de la surface de liquide des tubes Borrel, on trouve des formes toruleuses, composées de filaments irrégulièrement renflés et blanchâtres, avec d'abondantes gouttelettes d'huile et des chlamydospores.

Certains articles, toruleux et très volumineux, ont l'aspect de grosses sphères, qui sont placées à l'extrémité ou sur le trajet des filaments. Elles sont isolées ou en séries et simulent parfois des sporanges et des chapelets.

Ces formes toruleuses rappellent beaucoup, la couleur mise à part, celles que nous avons observées sur un *Fusarium*, dans les mêmes conditions.

Alternaria varians Planchon.

Cette espèce a été vue pour la première fois et étudiée par Planchon (1). Cultivée en tube Borrel sur jus de carotte, elle a une couleur gris souris ou gris brun mat.

Le mycélium est brun, cutinisé, cloisonné, ramifié. Son aspect est souvent cladosporioïde, surtout au voisinage des spores.

Les filaments stériles ont 5 μ de diamètre ; ils ont tendance à s'enchevêtrer et à s'anastomoser.

Les conidiophores ont même couleur. Ils sont simples, quelquefois ramifiés. Leurs dimensions sont assez peu fixes ; ils ont, en moyenne, 2 μ de diamètre.

Les spores sont brun noirâtre, cutinisées, polymorphes. Elles sont, en général, piriformes. Elles présentent, dans la plupart des cas, trois à cinq cloisons transversales, souvent irrégulières, ou un peu obliques, et deux à quatre longitudinales, à peu près verticales.

Les cloisons divisent donc la spore « en mur ». Elles sont épaisses et déterminent, surtout quand l'organe est vieux, des étranglements assez marqués. (Pl. XII, fig. 6 à 9 et 12 à 15)

Les spores sont parfois terminées par un bec blanc plus ou moins long.

Les dimensions que nous avons notées le plus fréquemment sont 28-32 × 15-18 μ. Elles peuvent, dans certains cas, suivant Planchon, atteindre 60 × 15-20 μ.

On voit aussi des spores brun noir, plus foncées que les précédentes, fortement cutinisées, presque opaques, d'aspect un peu fumagoïde, avec une à trois cloisons transversales parallèles (quelquefois, mais rarement, obliques), dessinant deux à quatre cellules. (Pl. XII, fig. 5, 10, 11.)

Ces spores sont fréquemment bicellulaires ; elles sont alors composées de deux articles arrondis.

Les cloisons longitudinales font parfois défaut.

Les étranglements sont assez marqués et dessinent des segments et des angles arrondis.

Les vieilles spores ont souvent une goutte d'huile dans un ou plusieurs de leurs articles.

(1) Planchon. — *Loc. cit.*, pp. 93-116.

Les dimensions sont relativement petites. Les spores à trois cloisons ont 16-18 × 7-9 μ. Les spores bicellulaires mesurent 10-15 × 7-8 μ et souvent 10 × 7 μ.

On trouve des formes de passage entre ces spores et le mycélium durable. (Pl. XII, fig. 16.)

Les files sont longues, de formation basifuge, assez fragiles. Les éléments en sont séparés par des pièces hyalines.

La germination de la spore se fait par deux ou trois tubes partant, dans la plupart des cas, des cellules latérales. Les filaments ainsi formés ont tendance à s'anastomoser.

La partie immergée du champignon, en tube Borrel, est composée de filaments assez grêles, incolores, avec chlamydospores.

Dans certains milieux (moût gélatiné, mannite, etc.), l'*Alternaria varians*, comme l'a vu Planchon, reste stérile. Nous avons observé le même fait avec une solution artificielle (glucose, azotate de potasse, phosphate de soude monobasique). Dans ces conditions, le champignon a donné une culture brun chocolat clair, non sporulée, avec mycélium toruleux de calibre irrégulier et formes fumagoïdes associées. (Pl. XII, fig. 17.) Ces dernières formaient de véritables massifs, tels que cet auteur les a observés en culture sur eau glycérinée.

Nous n'avons, pas plus que Planchon, obtenu de pycnides ou de périthèces.

Alternaria humicola Oudem.

Cette espèce a été trouvée sur papier filtre, où elle formait des sortes de poils noirs. Elle pousse facilement sur tous les milieux et, en particulier, sur peptone.

Les cultures sur carotte sont vert foncé.

Le mycélium, vu au microscope, est verdâtre, tirant sur le gris-brun, cloisonné, ramifié. Son diamètre est de 3 μ environ.

Les conidiophores sont insérés latéralement.

Les spores sont d'abord jaunâtres, puis brun vert, polymorphes et de taille variable.

Le type le plus commun est à peu près cylindrique ou en forme de massue retournée, avec six à huit cloisons transversales parallèles et 0 à 3 longitudinales. Les étranglements sont nuls ou légers.

Les dimensions sont 40-55 × 12-15 μ. (Pl. XIII, fig. 1 à 5.)

On voit aussi des spores à peu près de même hauteur que les

précédentes, mais un peu plus larges : 40-55 × 20 μ. Elles ont cinq à six cloisons transversales et une longitudinale, qui peut d'ailleurs manquer, et quelquefois des cloisons obliques. (Pl. XIII, fig. 6.)

Les étranglements sont, dans ce second type de spores, relativement marqués.

Les types avec cloisons irrégulières et ayant une forme ovoïde (38 × 20 μ), ou presque sphérique (20-22 × 20 μ), sont plus rares.

Les files sont assez longues (jusqu'à sept spores), quelquefois bifurquées en Y à leur base, très fragiles.

La germination de la spore se fait par un tube, assez souvent par deux tubes partant du sommet de l'organe.

La partie immergée en tube Borrel est très réduite ; elle est composée de filaments incolores.

Notre espèce se rapproche beaucoup de l'*Alternaria humicola* Oudem.

STYSANUS

Stysanus Stemonites (Pers.) Corda.

Le *Stysanus Stemonites* est assez répandu. Nous l'avons récolté sur divers papiers et notamment sur papier à cigarettes.

Il appartient, dans la classification de Rabenhorst, à la famille des Stilbacées, sous famille des Phæostilbacées, division des Amérosporées.

Il est caractérisé par des hyphes rampantes très longues, sur lesquelles se dresse une sorte de tige, formée de conidiophores agglomérés et corémiés. (Pl. XIV, fig. 1.)

Il pousse aisément sur tous les milieux usuels. Sur bouillon de carotte, la culture a l'aspect de petits arbuscules serrés les uns contre les autres et présente une couleur brun noirâtre, rappelant la suie.

Le temps nécessaire au développement de l'espèce va de huit à douze jours.

Nos cultures ont été faites généralement sur carotte ou bouillon de carotte.

Nous allons étudier successivement la forme simple et la forme corémiée.

I. *Forme simple.* — Elle ne semble pas, à proprement parler, exister dans la nature. On peut toutefois l'observer dans les cul-

tures très jeunes et sur les bords des lames Borrel. L'examen de ces dernières laisse, en effet, apercevoir quelques filaments isolés, qui s'échappent des parties corémiées comme des épis se séparent d'une gerbe. Ces filaments, toutefois, ne sont jamais indépendants et ils restent attachés à la « tige » du *Stysanus*.

Le mycélium rampant, d'abord incolore, est, à l'état adulte, noirâtre, cutinisé, cloisonné, ramifié. Il a 2 à 3 μ de diamètre.

Les anastomoses entre les filaments et leurs ramifications sont très nombreuses et de types très variés : elles sont en V, en H, en barreau d'échelle, en Y, etc.

Les rameaux conidiophores sont dressés, ramifiés en grappe composée, dont les branches s'accolent au filament principal, de façon plus ou moins serrée.

Les sommets des conidiophores et de leurs ramifications sont surmontés de phialides.

Les phialides affectent la forme de bouteilles ou de quilles légèrement renflées. Elles mesurent 10 à 15 μ, quelquefois 15 à 18 μ de longueur ; leur largeur de 1 μ environ dans la partie la plus mince, atteint, dans la zone renflée, 2,5 à 4 μ. Elles se développent à l'extrémité des futurs conidiophores et s'en séparent bientôt par une cloison. Elles ont aussi tendance à l'agglomération et portent à leur sommet un chapelet rectiligne de conidies. (Pl. XIV, fig. 2.)

Les conidies, nombreuses, naissent de façon précoce, et il n'est pas rare de voir un de ces éléments apparaître à l'extrémité d'une phialide encore incomplètement développée. Elles sont à peu près ovoïdes et légèrement aplaties à leurs zones d'insertion, quelquefois assez brillantes.

Leur couleur, que les mycologues ont appréciée diversement, est, à notre avis, bleu verdâtre ou jaunâtre. Elle ne paraît pas d'ailleurs absolument fixe.

Ferraris (1) considère pourtant la teinte des spores comme un caractère assez important, pour que, dans le genre *Stysanus*, il désigne sous le nom de *Stysanopsis* les espèces ayant des conidies brunes. Ainsi, le *Stysanus medius* Sacc. devient, à son avis, le *Stysanopsis media* Ferr.

Les dimensions des spores, sur lesquelles les auteurs ne sont pas

(1) Ferraris. — Sul genere *Stysanus* Corda *in* : Osservazioni micologiche su specie del gruppo Hyphales. *Annales Mycologici*, Vol. VII, juin 1909, p. 281.

absolument d'accord, sont en moyenne 6-8 × 5 μ et fréquemment 7 × 5. On observe parfois des éléments de taille un peu moindre.

Les chapelets sont rectilignes. Le nombre des éléments qui les composent est assez variable et peut atteindre 15.

Les spores sont directement insérées les unes sur les autres, sans pièces intermédiaires.

Il n'est pas rare d'observer, par suite de la coalescence des conidiophores et des phialides, deux ou plusieurs chapelets accolés.

Inflorescences anormales. — Les chaînettes sont parfois remplacées par une cyme unipare scorpioïde. (Pl. XV, fig. 7.) Le nombre des spores est alors inférieur à celui qui entre dans la composition des chapelets.

Il existe aussi des cas intermédiaires aux deux précédents et dans lesquels l'inflorescence est semi-normale. Nous avons vu notamment des chaînettes de quelques spores se prolonger par une cyme ; ou bien les chapelets, au lieu d'être rectilignes, prendre un aspect sinueux, par suite de l'insertion latérale de quelques conidies ; ou encore deux spores initiales apparaître successivement : une inférieure, et une supérieure naissant en cyme sur la première, puis chacune d'elles donner naissance à un chapelet rectiligne. (Pl. XV, fig. 6, 8 à 10.)

Le mycélium porte alors fréquemment des chlamydospores.

Ces diverses formes doivent être considérées comme tératologiques. On les observe en cellules van Tieghem, probablement parce que l'air y est confiné.

Rupture des chapelets. — Ils se désagrègent facilement. L'examen des lames provenant de tubes Borrel et colorées au bleu coton, nous ont permis de constater l'absence de disjoncteur.

Les spores sont vraies, basipètes et restent souvent, après leur chute, agglomérées par du mucilage.

La germination de la spore ne présente rien de particulier. Les spores donnent un ou deux filaments qui, d'abord très grêles, prennent ensuite les caractères du mycélium adulte. (Pl. XIV, fig. 5.)

Les cultures sur milieux divers nous ont apporté peu de renseignements nouveaux. Nous faisons exception toutefois pour celles qui ont été faites sur bouillon de bois.

En tube Borrel, la surface de ce liquide n'est pas recouverte, même au bout de plusieurs mois, d'un voile noir, tel qu'on l'observe

sur bouillon de carotte, mais reste blanchâtre. Les conidiophores corémiés sont rares et espacés.

La coloration au bleu coton révèle un épaississement de la membrane au niveau des cloisons et des points d'insertion des branches collatérales. Ces dernières sont grêles et le mycélium dont elles émergent les entoure à leur origine d'une sorte de gaîne. (Pl. XV, fig. 5.)

Peut-on assimiler la forme simple du *Stysanus* a un hyphomycète connu? Harz (1) identifie l'*Hormodendron elatum* et le *Stysanus Stemonites*. Cette opinion n'est pas admise par MM. Costantin et Rolland (2) qui n'ont, au cours du développement du *Stysanus Stemonites*, observé aucun stade semblable à l'*Hormodendron elatum*.

Un autre argument va, selon nous, à l'encontre de cette assimilation. Il est basé sur l'origine des spores, qui sont basipètes chez les *Stysanus* et, au contraire, semblent, d'une manière générale, avoir une origine basifuge chez les *Hormodendron*.

P. Vuillemin (3) émet une idée différente. Il assure « que la « forme simple est le *Scopulariopsis*, genre fondé par Bainier ».

« Les conidiophores entraînés vers la partie supérieure d'un « stroma en forme de colonne, dit-il, sont affranchis de la fonction « qui provoque l'allongement désordonné des rameaux de *Scopu-* « *lariopsis*. En conséquence, les chapelets conidiens semblent « s'échapper directement du flanc de la colonne et, si l'on y regarde « de près, on voit qu'ils sont insérés sur de courts rameaux en forme « de bouteilles, définis comme des phialides de *Penicillium*. »

Nous n'avons, pour notre part, trouvé aucune Mucédinée simple à laquelle il fût possible de rattacher le *Stysanus*.

M. Matruchot (4) a montré, à propos des *Graphium*, que l'on peut diviser les formes agrégées en deux catégories. Les unes sont constituées par des éléments semblables à la forme simple correspondante ; pour les autres, au contraire, la fasciation

(1) Harz. — Ueber einige Hyphomyceten. *Bulletin Société des Naturalistes de Moscou*, 1871, p. 143.

(2) Costantin et Rolland. — Développement d'un *Stysanus* et d'un *Hormodendron*. *Bulletin Société Botanique*, T. XXXV, 1888, pp. 296-302.

(3) P. Vuillemin. — Le genre *Monilia*. *Bulletin Société Mycologique de France*, T. XXVII, p. 146.

(4) L. Matruchot. — Développement d'un *Cladobotryum*. *Revue Générale de Botanique*, T. VII, 1895, p. 497.

entraîne des modifications profondes dans la structure de la forme simple.

Le *Stysanus* rentre donc dans la seconde catégorie. Peut-être la Mucédinée, dont il est l'état agrégé, existe-t-elle dans la nature ; mais, modifiée par un nombre considérable de générations corémiées, elle a sans doute perdu ses caractères primitifs.

La forme parfaite est d'après Saccardo (1) *Sphærella Fragariæ*. Cette hypothèse serait à vérifier, selon M. Costantin.

Le *Stysanus Stemonites* forma *Mandlii* a, d'après Mattirolo (2), pour état ascosporé le *Melanospora Stysanophora*, qui possède des périthèces.

Cette opinion n'est nullement démontrée, attendu que la culture des ascospores de *Melanospora* n'a pas redonné de *Stysanus*, mais seulement un *Acladium*, des chlamydospores brunes et de nouveaux périthèces.

Nous n'avons, pour notre part, jamais observé dans le *Stysanus*, de formes à asques, pas plus d'ailleurs que de pycnides.

II. *Forme corémiée.* — C'est elle qui est décrite dans les traités sous le nom de *Stysanus*.

Nous l'avons étudiée sur carotte, bouillon de carotte et aussi sur bouillon de bois, ce dernier ayant l'avantage de donner des cultures peu touffues et de ne permettre qu'un développement lent.

Elle a l'aspect de petits arbuscules verticaux très foncés et plus ou moins rapprochés, selon la richesse du milieu. Elle est constituée par la réunion de plusieurs conidiophores dressés, qui figurent une sorte de tige.

Droits, agrégés et stériles dans leurs deux tiers inférieurs, ces conidiophores ont tendance à s'épanouir et donnent de nombreuses fructifications à leur partie supérieure.

La base de cette tige repose sur des filaments à peu près horizontaux, qui s'en écartent comme les rayons d'une roue, et dont nous étudierons un peu plus loin la valeur morphologique.

Le *Stysanus* a des dimensions très variables. Il mesure fréquemment 275 à 300 μ, et dans ce dernier cas, il compte 200 μ dans sa partie stérile et 100 μ dans la portion sporifère. Parfois il est bien

(1) Saccardo. — Sylloge Fungorum II, p. 505.

(2) Mattirolo. — Atti Reale Accademia delle Science, Torino, XXI, p. 273, *Nuovo Giornale Botanico Italiano*, Vol. XVIII, 1886, p. 121.

plus grand et peut même être aisément visible à l'œil nu ; sa taille peut alors s'élever à un millimètre.

Chacune des parties constitutives du végétal mérite une étude plus détaillée.

La «tige», ou conidiophore corémié, est un organe très particulier.

a. Les conidiophores dressés qui la composent ont, comme nous l'avons vu, une direction verticale.

b. Ils possèdent souvent de nombreuses gouttelettes d'huile, sont assez fortement cutinisés et constamment plus foncés que le reste du mycélium.

c. Ils sont rigides, septés. A maturité, les cloisons transversales sont parfois situées, sur chacun des filaments, à des hauteurs correspondantes ; elles dessinent ainsi des étages successifs de plans à peu près horizontaux qui semblent segmenter la tige tout entière dans sa largeur.

d. Les conidiophores dressés ne sont point seulement accolés, mais ils présentent des anastomoses et des échanges de protoplasma. Cette disposition, difficile à apercevoir quand l'échantillon est âgé, est aisément visible dans les cultures jeunes.

e. Ils donnent naissance, à leur partie supérieure, à des appareils sporifères que nous avons étudiés avec la forme simple.

f. La largeur de la tige, qui dépend du nombre des conidiophores associés, oscille entre 18 et 45 μ et elle est souvent de 35 à 40 μ. Un élément examiné isolément mesure 3 μ de diamètre.

g. Le *Stysanus* est dressé sur un ensemble de filaments rampants qui semblent divergents. (Pl. XIV, fig. 6.) Les examens de cultures vivantes en cellules van Tieghem montrent qu'en réalité ils sont de deux ordres et comprennent :

α. Des filaments ordinaires, appartenant au mycélium rampant. Aboutissant au pied du *Stysanus*, et réunis par des anastomoses transversales larges, ils rappellent un peu, dans leur ensemble, une toile d'araignée.

β. Des rhizoïdes nettement centrifuges (Pl. XIV, fig. 7, 8), émis par le *Stysanus* et présentant les caractères suivants :

1° Leur développement est précoce et peut d'ailleurs être suivi par la méthode des cultures en cellule van Tieghem.

2° Ils prennent naissance, sur la tige, au niveau de la base ou légèrement au-dessus d'elle par un renflement noirâtre, affectant un peu la forme d'une griffe.

3° Tous les renflements, se trouvant à peu près à la même hauteur, dessinent, sur la partie inférieure de la tige, une zone très foncée. Chacun d'eux mesure dans sa partie médiane 8-10 × 4-7 μ et peut donner naissance à plusieurs filaments rhizoïdes.

4° Les rhizoïdes présentent, à leur début, deux ou trois ondulations et deviennent ensuite presque rectilignes.

5° Ils sont agrégés, fait que nous n'avons trouvé signalé dans aucun auteur, mais ils ne présentent ni anastomoses, ni, *a fortiori*, d'échanges de substance ; leur mode d'union diffère donc sensiblement de celui de la tige, où existe une corémiation nette.

6° Agrégés sur une petite longueur, ils ne tardent pas à s'épanouir en éventail dans le milieu nutritif.

7° Ils sont cloisonnés.

8° Ils présentent des gouttelettes d'huile, surtout abondantes à leur partie inférieure.

9° Leur coloration est pâle, fait qui est naturel, puisqu'ils plongent dans le liquide.

10° Ils présentent assez fréquemment à leur partie terminale, après un léger amincissement, une sorte de suçoir renflé en forme d'olive. (Pl. XIV, fig. 9.) Ce dernier émet quelquefois lui-même un mince filament incolore qui va s'anastomoser avec un rameau quelconque du mycélium rampant ou immergé.

11° Ils mesurent à leur base 3 μ de large ; quelquefois, mais plus rarement, 5 μ. Leur partie subterminale a de 1,5 μ à 3 ou 4 μ de diamètre et le renflement olivaire 4 à 5 μ.

12° Ils ont évidemment pour rôle d'absorber les substances nutritives du milieu de culture.

Variations dans l'aspect du *Stysanus*. — La description, telle qu'elle vient d'être faite, est celle du *Stysanus* type. Ce champignon est toutefois susceptible de présenter quelques différences dans son habitus extérieur.

1° Il peut être bifurqué. « Les filaments qui se réunissent en bas, « disent MM. Costantin et Rolland, peuvent s'individualiser « dans le haut, d'où souvent, en haut deux têtes semblables. »

2° On voit aussi, inversement, plusieurs groupes de faisceaux se réunir et former ainsi une sorte de « *Stysanus composé* » très volumineux.

3° Un gros *Stysanus* laisse parfois échapper latéralement, à une

hauteur variable, un individu plus petit, qui se termine lui-même par une tête sporifère. Cette éventualité représente simplement une rupture dans la fasciation de la tige; elle n'est nullement un cas de parasitisme d'un *Stysanus* sur un autre.

4° Les processus cités aux paragraphes 1 et 2 peuvent se trouver, quoique le fait soit assez rare, réunis sur le même échantillon.

Comment se fait l'agrégation du *Stysanus Stemonites?* Elle est complexe et s'effectue par deux processus :

1° L'accolement, plus ou moins serré, des ramifications de tout ordre contre le filament principal.

2° La réunion, dans une même tige, de filaments provenant de cellules différentes et qui sont attirés par une sorte de chimiotactisme positif. (Pl. XIV, fig. 3 — Pl. XV, fig. 2.)

Des examens de préparations très jeunes démontrent, en effet, que des filaments issus de spores éparses dans la préparation ont une tendance marquée à l'agrégation. (Pl. XIV, fig. 4.) Cette dernière est, nous le savons, bientôt complétée par des phénomènes de corémiation vraie (anastomoses et échanges protoplasmiques).

Nous avons vu aussi qu'un gros *Stysanus* peut être formé par la réunion d'individus distincts, et ce fait prouve l'origine multicellulaire du champignon.

Telle est aussi l'opinion de MM. Costantin et Rolland (1) d'après lesquels la fasciation est due « à la multiplication des « rameaux, qui deviennent parallèles au filament principal et s'ap- « pliquent contre lui et à la coalescence de pieds originairement « distincts ».

Conditions qui favorisent la corémiation. — Gueguen (2) assure que le processus corémiatif est le résultat de l'épuisement du substratum.

Nous sommes arrivés à une conclusion inverse et avons constaté que la richesse du milieu favorise la formation des « tiges » de *Stysanus.* Très nombreuses, notamment sur bouillon de carotte ou sur carotte, elles sont, en effet, plus rares quand on utilise un milieu pauvre (bouillon de bois, etc.).

(1) Costantin et Rolland. — *Loc. cit.*

(2) Gueguen. — Recherches morphologiques et biologiques sur quelques *Stysanus. Bulletin Société Mycologique de France*, T. XIX, 1903, p. 217.

Cultures en milieu liquide. — Leur étude nous a fourni d'intéressantes données.

Voile. — En tube Borrel, avec bouillon de carotte, immédiatement au-dessus de la ligne de flottaison du champignon, les conidiophores sont épais et trapus. Les chapelets sont aussi plus courts que dans la partie strictement aérienne ; leurs éléments restent attachés et les cloisons font parfois défaut. On trouve enfin des gouttelettes d'huile assez volumineuses et réfringentes. (Pl. XV, fig. 3.)

Ces modifications, produites par une atmosphère saturée d'humidité, rappellent beaucoup celles que l'on observe, dans les mêmes conditions, chez le *Stachybotrys atra.*

En tube Borrel, avec bouillon de bois, on observe, à la surface du liquide et tranchant avec la couleur noire des conidiophores aériens dressés, une pellicule blanchâtre, visqueuse. Elle est formée de filaments enchevêtrés sur une faible épaisseur, blanchâtres, non cutinisés, de calibre à peu près égal aux filaments aériens et possédant quelques gouttelettes d'huile.

Partie immergée. — Examinée sur les lames des tubes Borrel, elle montre un mycélium blanchâtre, non cutinisé, bosselé, septé et muni de nombreuses gouttelettes huileuses. (Pl. XV, fig. 1.)

Les cloisons sont facilement visibles, même sans coloration au bleu coton.

Les dimensions des articles, très variables car le calibre est irrégulier, sont souvent de 15-20 × 4-10 μ.

Les chlamydospores mycéliennes ne sont pas rares. Elles sont ovalaires ou sphériques et mesurent généralement 5 × 4, ou 5 × 5 μ. (Pl. XV, fig. 4.)

Les filaments sont fréquemment anastomosés. Toutefois on n'observe *jamais* de coremium, ni même de forme agglomérée.

Par contre, un filament immergé (c'est-à-dire blanc, non cutinisé et possédant des gouttelettes d'huile) peut, en sortant du liquide, faire partie d'un coremium aérien ; il perd alors ses caractères pour prendre ceux du mycélium ordinaire.

Au fond du tube, dans les cultures un peu anciennes, nous avons constaté l'existence de mycélium toruleux et de kystes.

Les *filaments toruleux* sont très courts et renflés. Leurs parois semblent épaissies. Ils dessinent en tous sens, des anastomoses très irrégulières et possèdent des gouttelettes d'huile volumineuses.

Leur formation dépend de la concentration du liquide et semble liée à des conditions osmotiques particulières.

Les *kystes* sont assez rares. Ils sont volumineux (55 × 40 μ., par exemple), ont une couleur jaune brun et peuvent donner naissance à des filaments verdâtres. Nous n'avons pas vu de formes-levures.

FUSARIUM

Fusarium sp. N° 1.

Nous avons trouvé ce *Fusarium* sur les papiers les plus divers, associé aux *Alternaria*, aux *Stemphylium* et surtout aux *Stachybotrys*..

La présence simultanée du *Fusarium* et du *Stachybotrys* a été observée par nous trop fréquemment pour être l'effet du hasard et nous croyons qu'elle doit être considérée comme une sorte d'association entre les deux champignons.

L'union est parfois à ce point intime, que nous avons vu, dans quelques cultures, les filaments corémiés du *Fusarium* servir de tuteur à une forme simple de *Stachybotrys*, qui présentait ainsi un aspect faussement agrégé.

Dans les vieux tubes de culture de *Stachybotrys*, comme nous l'avons dit en étudiant ce champignon, on voit quelquefois apparaître de petites zones blanches, arrondies et de contour net, qui sont causées par le développement d'un *Fusarium* blanc. Un ensemencement en donne d'ailleurs d'emblée une culture pure.

Notre espèce n'a sporulé dans aucune condition. Elle est composée de filaments d'un blanc pur, d'un diamètre de 3 μ environ, cloisonnés, ramifiés, souvent corémiés. Elle se développe avec facilité sur tous les milieux et couvre le substratum (carotte, etc.) d'un enduit neigeux.

La détermination n'a donc pu être faite que par voie de comparaison, les formes stériles et agrégées étant assez fréquentes dans le genre *Fusarium*.

Fusarium sp. N° 2.

Ce *Fusarium* est assez commun. Nous l'avons récolté sur des papiers très divers : papier filtre (où il végétait en compagnie d'un *Stachybotrys*), papier écolier, buvard (avec une *Spicaria*) et papier de soie.

Il doit donc être classé, quoiqu'aucun auteur n'ait encore mentionné le fait, parmi les espèces papyricoles. C'est lui, comme nous le verrons à la deuxième partie de notre travail, qui produit, sur les pages des volumes, ces taches diffuses et très pigmentées, bien connues des bibliophiles.

L'étude macroscopique du développement de ce *Fusarium* est fort intéressante. On voit d'abord naître des filaments un peu soyeux, d'un blanc pur. Bientôt apparaît, au fond de la culture et sur quelques points de sa surface, un joli pigment rouge cerise ou groseille. Ce dernier, quelques jours après, se modifie et présente alors une couleur semblable aux dissolutions étendues d'iode.

Le mycélium change d'aspect à son tour : il devient rouille, puis ensuite prend une teinte brunâtre, avec des zones plus foncées, qui envahit progressivement toute la culture.

Le champignon, développé sur carotte, excrète souvent des gouttes de liquide, ressemblant à la gomme arabique.

L'examen microscopique démontre que la partie aérienne de la moisissure est composée de filaments très enchevêtrés et dont l'ensemble simule un écheveau de fil ou de soie. Leur couleur, d'abord blanche, devient ensuite jaune, puis roussâtre. Ils possèdent des cloisons assez espacées, ont 3 μ de diamètre environ, sont très longs, ramifiés et parfois enroulés en boucles.

Ils présentent quelques rares gouttes d'huile et enfin prennent par place, un aspect toruleux, tel qu'on l'observe dans la portion immergée du champignon.

En cellule van Tieghem, les inclusions huileuses sont assez nombreuses et les anastomoses entre les filaments, nourries.

Les éléments du mycélium restent toujours unis et nous n'avons pas observé de gélification au niveau des cloisons, ni donc de ces arthrospores que M. Matruchot (1) a décrites dans le *Fusarium polymorphum* Matr.

Notre espèce, quoique récoltée sur des papiers différents, n'a jamais sporulé. Nous l'avons, dès le début de son développement, réensemencée sur des milieux secs (carotte ou pomme de terre sans eau), car ils hâtent l'apparition des appareils reproducteurs. Mais, malgré ces précautions, elle n'a donné que du mycélium stérile.

(1) L. Matruchot. — *Loc. cit.*, pp. 84-91.

Des essais, faits dans des conditions diverses de température et sur des substrata différents, ont été également infructueux.

Nous n'avons pas davantage trouvé de chlamydospores aériennes à parois échinulées, semblables à celles que M. Matruchot a découvertes sur le *Fusarium polymorphum* Matr., cultivé en tube de pomme de terre.

Voile, filaments toruleux et kystes. — Le voile que produit, en tube Borrel, le *Fusarium*, à la surface du liquide, présente une évolution semblable à celle des cultures sur milieux solides. Il est, les premiers jours, d'un blanc pur, qui bientôt se parsème de taches rouge vif. Il devient ensuite jaunâtre, beige avec des zones brunes et laisse souvent exsuder des gouttelettes liquides. Il est, en outre, très solide, si bien que l'on peut, avec un fil de platine, le soulever d'une seule pièce sans le briser.

Les filaments qui forment le voile possèdent, comme le démontre l'examen microscopique, des caractères particuliers. Ils sont longs, assez espacés les uns des autres, en général, et composés de cellules renflées mesurant 3 à 6 μ de diamètre. Par places, ils se rapprochent et présentent des anastomoses, avec échanges de protoplasma. (Pl. XV, fig. 17.)

Certains articles du mycélium se renflent fortement et prennent la forme de sphères. Parfois placées sur le trajet d'un filament, elles sont le plus souvent terminales. Elles sont alors soit uniques, soit en série, et simulent des sporanges ou des chapelets. Elles sont toujours isolées par des cloisons. (Pl. XV, fig. 16.)

Les pseudo-chapelets croissent par bourgeonnement terminal et il n'est pas rare de voir, à l'extrémité d'un article renflé, une petite verrue, qui est l'amorce de la cellule suivante. Ce processus rappelle beaucoup celui que l'on observe sur les formes toruleuses de *Cladosporium* et de *Stemphylium*. (Pl. XV, fig. 15.)

Les sphères ont une belle teinte rouge, très vive, dont l'éclat, les premiers jours, tranche sur la couleur encore blanche des filaments. Elles ont, au début, 4 à 5 μ de diamètre et, quand leur développement est achevé, environ 10 μ. Quelques-unes, très volumineuses et un peu oblongues, peuvent atteindre 24 μ sur 20. (Pl. XV, fig. 14.)

On observe quelquefois, quoique assez rarement, des gouttelettes d'huile à l'intérieur de ces formes toruleuses.

Les sphères peuvent se détacher et former ainsi des sortes de

kystes, qui nagent dans le liquide de la préparation. Ces éléments, ainsi mis en liberté, semblent se gonfler par osmose, car leur paroi devient d'autant plus mince qu'ils grossissent davantage. Leur contenu, quand ils vieillissent, devient finement granuleux. Leur diamètre, assez variable, va de 8 à 20 ou 25 μ.

Les kystes, quand ils sont de petite taille, ont une teinte rouge, semblable à celle du mycélium toruleux. Lorsqu'ils sont volumineux, ils deviennent légèrement rosés ou même incolores. Ils possèdent la propriété de germer et donnent naissance à de nouvelles figures toruleuses.

Partie immergée. — En tube Borrel, le mycélium, au-dessous de la surface du liquide, est d'une couleur jaunâtre ; il a 3 à 4 μ. de diamètre en moyenne. Il est cloisonné, composé d'articles courts, rectangulaires, renferme quelques gouttelettes d'huile et présente de nombreuses anastomoses. Elles dessinent un réseau assez serré, avec des angles marqués, qui ressemble peu aux écheveaux souples et onduleux de la partie aérienne.

Ce mycélium possède parfois des chlamydospores monocellulaires. Sans être fréquentes, elles ne sont point exceptionnelles dans le genre que nous étudions. M. Matruchot (1), notamment, les a décrites dans le *Fusarium polymorphum* Matr. et, plusieurs années après, Appel et Wollenweber (2) ont aussi constaté leur présence chez plusieurs espèces de *Fusarium*.

Plus profondément, on retrouve des aspects toruleux, mais différents de ceux qui existent au niveau du voile. Les filaments cloisonnés sont ici incolores, de grosseurs très diverses, irrégulièrement calibrés, bosselés et souvent terminés en massue. Ils ne sont pas corémiés (absence d'échanges protoplasmiques). Quelques-uns, assez gros, possèdent des articles courts et ont un contenu granuloréfringent. Les chlamydospores sont rares.

Cet aspect particulier, dû à l'immersion, peut également être observé dans la gouttelette nutritive des cellules van Tieghem.

De place en place, des éléments toruleux se détachent, deviennent libres et leur aspect bosselé leur communique une apparence de cellule-levure.

(1) L. Matruchot. — *Loc. cit.*

(2) Appel et Wollenweber. — Grundlagen einer Monographie der Gattung *Fusarium* Link. Arbeit aus der Kaiserlich Biologische Anstalt fur Land und Forstwirschaft, Vol. III, 1910.

Au fond du tube Borrel, on trouve, en outre, une sorte de sédiment ayant l'aspect de petites masses gélatineuses, non adhérentes à la lame de verre. Elles sont formées de filaments jaunâtres, de 3 ou 4 μ de diamètre environ, assez également calibrés, enchevêtrés, sans caractère spécial. Au milieu de ce lacis, on aperçoit du mycélium toruleux, relativement volumineux, dont les éléments assez disparates mesurent 7 à 10 μ de diamètre et parfois 10 à 13 μ dans les deux sens.

De place en place, les cellules épaississent leur paroi, se séparent de leurs voisines par une cloison et forment ainsi des sortes de kystes. Ces kystes ont généralement 10 à 13 μ dans les deux sens ; mais ils sont parfois ovoïdes et mesurent alors 15-18 × 7-8 μ. Contrairement à ceux que nous avons étudiés avec le voile, ils restent attachés au filament qui les porte. (Pl. XV, fig. 12.)

L'absence des conidies aériennes ne permet pas de connaître le nom de l'espèce. La diagnose du genre paraît toutefois très vraisemblable. Ces pigmentations violacées avec changements successifs de teinte sont, en effet, la règle chez les *Fusarium*. M. L. Matruchot (1) en a, dès 1896, démontré l'existence chez le *Fusarium polymorphum* Matr. et, en 1913, MM. Gain et Brocq-Rousseu (2) ont pu constater, dans les cultures de *Fusarium roseum* Link, des gammes de teinte rappelant celles que nous avons observées nous-mêmes.

Les renflements mycéliens et la dégénérescence graisseuse des cellules, qui sont fréquents chez les *Fusarium*, selon Osterwalder (3), sont aussi des arguments en faveur de notre identification.

Certains auteurs admettent enfin que les *Fusarium* possèdent des formes ascosporées. M. N. Naoumoff (4), notamment, rapporte une espèce à *Gibberella Saubinetii*, et Osterwalder une autre espèce à une *Nectria*.

Nous n'avons, dans aucun cas, observé la formation de périthèces.

(1) L. Matruchot. — Sur la structure du protoplasma fondamental dans une espèce de *Mortierella*. *Académie des Sciences*, T. CXXIII, p. 1321, 28 décembre 1896 et *Miscellanées biologiques*, Paris, 1899.

(2) Gain et Brocq-Rousseu. — Étude sur deux espèces du genre *Fusarium*. *Revue Générale de Botanique*, Vol. XXV, 1913, pp. 177-194.

(3) Osterwalder. — Ueber eine neue in kranken Himberwurzeln vorkommende *Nectria* und die dazu gehörige *Fusarium* generation. Berichte der Botanische Gesellschaft, Vol. XXIX, 1911, pp. 611-622.

(4) M. N. Naoumoff. — Quelques observations sur une nouvelle espèce du genre *Fusarium* rattachée au *Gibberella Saubinetii* Sacc. *Bulletin Société Mycologique de France*, T. XXX, 1913, pp. 54-63.

NOCARDIA SP.

Ce champignon a été trouvé deux fois sur des brochures moisies.

Les colonies sont blanchâtres, d'aspect crayeux. L'examen microscopique (on peut le rendre plus aisé en colorant certaines préparations au bleu coton) d'une culture relativement jeune démontre la présence de filaments longs, très fins, incolores et mesurant environ 0 μ 5 de diamètre.

Les spores sont ovoïdes, hyalines et disposées en chapelets. Elles se forment par voie basipète aux dépens de l'une des extrémités d'un filament. Elles naissent dans le filament même, par un processus de cloisonnement. Ce sont donc des arthrospores.

Quand les cultures sont plus âgées, tout le mycélium s'est ainsi transformé en spores. Ces éléments sont alors innombrables, et ce sont eux qui donnent aux vieilles colonies l'aspect crayeux.

Le champignon doit être rapporté au genre *Nocardia*.

Cette dénomination est relativement récente. En effet, le genre a été appelé : *Streptothrix* Cohn (1875) nec Corda, *Actinomyces* Harz (1878), *Discomyces* Rivolta (1878). Il a aussi été décrit avec les *Oospora* (1), mais Lachner Sandowal (2) a démontré que les vraies *Oospora* sont des organismes d'un calibre très supérieur à celui des *Actinomyces*.

Cette dénomination d'*Actinomyces* a été adoptée par Gasperini et elle est admise par Philibert (3).

Saccardo (4), dans la suite, a supprimé l'appellation d'*Actinomyces* Harz, pour la remplacer par celle de *Nocardia* Trev. et il range le genre (5) dans les Schizomycètes, sous-famille des Trichogénées Trev., tribu des Cladotricées.

Notre *Nocardia* pousse aisément sur papier, où elle forme des colonies assez abondantes, blanchâtres, crayeuses, ressemblant à celles qui se développent sur les autres milieux.

Elle ne tache toutefois pas le papier et ne sécrète aucun pigment. Aussi n'avons-nous pas jugé utile de préciser la détermination, d'autant que les espèces du genre *Nocardia* sont loin d'être toutes connues.

(1) Voir Gueguen. — *Les champignons parasites*. 1 vol. Paris, 1904, p. 228.

(2) In K.-B. Lehman et R.-O. Neumann. — *Manuel de Bactériologie*. Édition française, par Philibert, Paris 1913, p. 148.

(3) *Ibid.*

(4) Saccardo. — Sylloge Fungorum, T. XVIII, *Index universel*, p. 744.

(5) Saccardo. — *Ibid.*, T. VIII, p. 927 et T. XVIII, p. 801.

DEUXIÈME PARTIE

CHAPITRE I

DÉGATS PRODUITS PAR LES CHAMPIGNONS SPONTANÉMENT DÉVELOPPÉS DANS LE PAPIER.

Les champignons que nous avons étudiés produisent de sérieuses altérations du papier ; ils en déterminent la destruction partielle et y provoquent l'apparition de taches plus ou moins colorées. Ils sont donc les agents de véritables *maladies du papier.*

I. — ACTION DESTRUCTIVE DES MOISISSURES.

Les pages des vieux livres, on le sait, ne sont pas toujours intactes, et certaines d'entre elles portent des traces évidentes de l'attaque des champignons qui s'y sont développés. Elles sont, pour employer une expression commune, « rongées », soit sur les bords, soit sur la partie médiane, et il n'est pas rare non plus d'en voir des fragments se détacher ou tomber en poussière.

Ce sont là des faits d'observation courante et qui concernent les volumes suffisamment anciens.

Mais l'examen de livres modernes ou de papiers relativement récents (datant d'une année par exemple), tels qu'on les trouve dans le commerce, met en lumière des faits nouveaux et fort intéressants. Il permet, en effet, de reconnaître, comme nous l'avons établi (1), l'existence de petits points, visibles à la lumière directe, ou, quelquefois seulement par transparence, formant parfois une légère saillie perceptible au toucher, et qui sont de petites colonies fongiques (*Stachybotrys*, etc.). Dilacérées avec une aiguille, elles se réduisent en une impalpable poussière et leur disparition laisse souvent dans le papier une petite perforation.

L'étude, à la loupe, au binoculaire et au microscope, de l'une

(1) Pierre Sée. — Sur les moisissures causant l'altération du papier. *Comptes rendus Ac. Sciences*, T. CLXIV, 29 janvier 1917, p. 230.

Universitas
SCHOLA
BIBLIOTHECARIORUM

de ces colonies prouve, sans conteste possible, l'existence d'une action destructive de la moisissure. Nous voyons, en effet, le mycélium au cours de sa croissance, s'insinuer entre les fibres du papier et même les attaquer, grâce à un véritable processus de digestion. Ce dernier paraît surtout être produit, au moins pour quelques moisissures comme les *Aspergillus*, par les rhizoïdes.

Certains champignons papyricoles, le fait est digne de remarque, ne perforent guère le papier. Ce sont surtout des Ascomycètes dont le périthèce reste superficiel, tels le *Myxotrichum chartarum* et l'*Eidamella spinosa*.

Cette destruction du papier n'a rien qui doive nous étonner, puisqu'un grand nombre d'organismes sont susceptibles de digérer la cellulose. C'est le cas, entre bien d'autres, ainsi que l'a établi VAN ITERSON Jr (1), du *Mycogone puccinioides*.

Le champignon perforant n'est pas nécessairement coloré ; mais il possède généralement une teinte plus ou moins foncée et sécrète aussi du pigment. Il sera donc, à la fois, un agent de destruction et de piqûre (*Stachybotrys atra*, *Acrostalagmus cinnabarinus*, etc.). On aperçoit alors, sous l'objectif, les fibres de cellulose à la fois détruites par le champignon, et teintes par le pigment qu'il sécrète.

II. — TACHES.

Elles sont visibles à l'œil nu ; l'emploi de la loupe, du binoculaire et surtout du microscope est cependant indispensable si l'on veut les observer avec fruit et reconnaître notamment leur couleur réelle. Elles sont dues au développement de champignons colorés, ou à l'imprégnation des fibres du papier par un pigment, ou encore à l'association de ces deux processus.

Les taches, malgré le nombre et la diversité des moisissures qui les déterminent, se présentent, en général, sous des aspects assez peu variés. Certaines espèces, très éloignées au point de vue botanique, peuvent même donner des taches d'apparence presque semblable.

Il importe de remarquer que, pour une même espèce, l'aspect

(1) VAN ITERSON Jr. — Décomposition de la cellulose par les microorganismes aérobies. *Central blatt fur Bakteriologie*, 2e partie, Vol. XI, pp. 689-698.

des taches est susceptible de se modifier avec certains facteurs. Ce sont :

1° La qualité du papier, c'est-à-dire :

a. Sa texture, qui apporte une résistance plus ou moins grande à la croissance du champignon.

b. Sa composition chimique (1), qui agit sur le pigment et, probablement aussi, sur le développement de la moisissure.

2° La sécheresse ou l'humidité du milieu.

3° L'âge de la moisissure, certains pigments, comme nous le verrons plus loin, subissant avec le temps de notables changements de teinte et le mycélium de quelques genres *(Alternaria, Stemphylium)* prenant des formes fumagoïdes, qui ont une coloration très foncée.

Il est donc impossible, dans la majorité des cas, d'établir un critérium mathématique et d'affirmer que telle tache est causée par telle moisissure. Toutefois, en nous plaçant dans des conditions d'observation courantes, nous avons pu obtenir des résultats concordants et établir un certain nombre de faits importants, concernant l'étendue des taches, leur forme, leur teinte et leur mode de coloration.

Nous avons même constaté que certains champignons, comme les *Chætomium* ou les *Acrostalagmus*, produisent une tache si caractéristique que son simple examen suffit à affirmer leur présence.

A. **Étendue.** — Elle est susceptible de varier avec la diffusion du pigment et aussi avec les conditions extérieures, qui influent sur la prolifération des colonies papyricoles. Elle reste relativement fixe quand la tache est le fait de champignons isolés, ou groupés en petit nombre, ce qui est assez fréquent chez les Ascomycètes.

Quelquefois, la colonie semble unique à l'œil nu, et, en réalité, elle est formée, comme le montre l'examen microscopique, de plusieurs macules disséminées *(Aspergillus sulphureus* Desm., etc.).

B. **Forme et aspect.** — Le contour de la tache est assez vague quand le pigment est abondant et le mycélium relativement peu développé (*Fusarium* sp. N° 2, etc.).

Les colonies n'ont souvent pas de limites nettes *(Aspergillus,*

(1) Elle varie avec l'origine et le mode de fabrication. On sait que les divers papiers laissent, après combustion, des cendres de composition différente.

Acrostalagmus, Spicaria, Cephalothecium, Torula, Stachybotrys, Dematium, Cladosporium, Stemphylium, Alternaria, Stysanus, Fusarium, Nocardia).

Elles se présentent parfois sous forme d'un piqueté noirâtre ou brunâtre, plus ou moins serré *(Cladosporium, Torula, Stachybotrys, Stemphylium, Alternaria polymorpha, Alternaria chartarum)*, ou encore de petits poils noirs *(Alternaria humicola).*

Le contour peut être, au contraire, précis lorsque la moisissure possède une sorte d'individualité *(Eidamella, Myxotrichum, Chætomium).* Pour ces deux derniers genres, notamment, il est circulaire ou polycyclique, selon que les champignons sont isolés ou vivent côte à côte.

C. **Mode de coloration.** — Deux cas sont à distinguer, suivant la *présence ou l'absence d'un pigment qui diffuse dans les fibres du papier.*

Premier cas. — *La moisissure sécrète un pigment qui s'étend plus ou moins loin dans les fibres du papier.* Elle est, dans la majorité des cas, elle-même colorée *(Acrostalagmus cinnabarinus)*, mais parfois elle est blanche, au moins pendant la première phase de son existence. C'est ainsi que le *Fusarium* sp. N° 2 donne, au début de son développement, un mycélium d'aspect neigeux, qui sécrète un pigment rouge cerise, puis rouille.

Les champignons émettant un pigment diffusible sont : *Chætomium Kunzeanum, Chætomium bostrychodes, Myxotrichum chartarum, Eidamella spinosa, Aspergillus sulphureus* Desm., *Aspergillus brunneofuscus, Acrostalagmus cinnabarinus, Spicaria elegans, Cephalothecium roseum, Stachybotrys atra, Alternaria humicola, Fusarium sp.* N° 2. Les taches qu'ils provoquent ont donc un centre, formé par le champignon, et une zone périphérique due à la diffusion pigmentaire.

Deuxième cas. — *Le champignon n'émet pas de sécrétion colorée.* Il détermine donc la tache par lui-même, et c'est son mycélium, brun ou noirâtre par exemple, que l'on aperçoit sous la forme d'un point plus ou moins foncé.

Parmi les espèces que nous avons isolées, celles ne donnant pas de pigment diffusible sont : *Chætomium chartarum, Torula chartarum, Dematium pullulans, Cladosporium herbarum, Stemphylium macrosporoideum, S. botryosum, S. piriforme, S. verruculosum,*

S. graminis, *Alternaria polymorpha*, *A. chartarum*, *A. varians*, *Stysanus Stemonites* (1).

***

Nous devons donc étudier, dans les taches, le champignon et, le cas échéant, la zone pigmentée qu'il a provoquée.

I. — Champignon.

Il forme le *centre* de la tache quand un pigment diffusible a coloré le papier, et la constitue entièrement dans le cas contraire.

Comme nous l'avons déjà signalé, on récolte souvent un seul mycélium, dont on peut, du premier coup, obtenir une culture pure. Mais, parfois aussi, les taches sont produites par plusieurs espèces associées, n'ayant pas nécessairement toutes du pigment, par exemple *Fusarium* sp. incolore et *Stachybotrys atra*, qui est noir.

Caractères de son appareil végétatif et reproducteur.

Le papier est un *milieu spécial*, très pauvre, composé de cellulose presque pure. Il est nettement hygrométrique, et d'autant plus qu'il est moins collé (papier de roman in-8, bon marché, etc.) ; il se dessèche par contre, avec facilité.

Nous ne devons donc pas nous étonner que le champignon y prenne parfois des formes spéciales. Les modifications qu'il subit, déjà indiquées brièvement au début de ce travail, peuvent être nulles, ou à peine marquées ; mais, souvent aussi, elles sont profondes au point de le rendre méconnaissable. Bien que susceptibles de varier, dans une certaine mesure, avec divers facteurs (âge du champignon, conditions extérieures, qualité du papier, etc.), elles présentent, pour une espèce donnée et dans des conditions courantes d'observation, des caractères assez fixes.

Les états sous lesquels on trouve les champignons dans les taches du papier peuvent, à notre avis, être classés de la manière suivante :

A. **Formes parfaites.** — Ce sont celles que revêtent les *Chætomium (Chætomium Kunzeanum, Ch. bostrychodes, Ch. chartarum)*, le *Myxotrichum chartarum*, l'*Eidamella spinosa*.

Les périthèces avec leurs asques et les poils ornementaux sont

(1) Nous avions cru tout d'abord (Pierre Sée, *loc. cit.*, p. 230) que plusieurs de ces champignons, et notamment les *Stemphylium* et le *Stysanus*, sécrétaient du pigment. Des recherches ultérieures nous ont fait revenir sur cette opinion.

complètement développés. La moisissure est quelquefois isolée, mais, souvent aussi, plusieurs individus vivent côte à côte.

Le champignon est souvent brisé ; il peut néanmoins être déterminé. C'est ainsi, notamment, que nous avons recueilli, sur papier, des débris jaunâtres, des spores groupées par huit en ellipse courte et des crochets. Nous y reconnûmes des restes d'asques, des ascospores et des poils ornementaux de *Myxotrichum*, et cette diagnose fut confirmée par nos cultures.

B. **Formes avec spores externes.** — Nous les avons observées pour les Aspergilles *(Aspergillus sulphureus* Desm., *A. brunneofuscus)*, l'*Acrostalagmus cinnabarinus*, la *Spicaria elegans* var. *flava*, le *Cephalothecium roseum*, var. β Matr., la *Torula chartarum*, le *Stachybotrys atra*, le *Stysanus Stemonites* et la *Nocardia*.

Ces champignons, récoltés sur papier, sont généralement mal développés. Toutes proportions gardées, ils ont un mycélium moins abondant, et un chiffre de spores plus considérable que leurs homonymes cultivés sur milieux usuels.

Il n'y a d'exception que pour la *Nocardia*, dont les spores ne nous ont pas paru plus nombreuses que dans les cultures sur carotte.

En outre, la *Torula* et le *Stachybotrys* n'ont marqué, dans les taches du papier, aucune tendance à la corémiation.

Le *Stysanus*, au contraire, s'est présenté dans son état corémié habituel.

C. **Formes fumagoïdes.** — Elles sont caractérisées par la présence d'éléments fortement cutinisés, isolés ou groupés en petit nombre. Elles sont relativement fréquentes chez le *Dematium pullulans*, ne sont pas une rareté dans le *Cladosporium herbarum*, et sont presque constantes chez les *Stemphylium (Stemphylium macrosporoideum, S. botryosum, S. piriforme, S. verruculosum, S. graminis)*, les *Alternaria (Alternaria polymorpha, A. chartarum, A. varians, A. humicola)* et le *Fusarium sp.* N° 2.

Elles doivent être considérées comme des « états de résistance ». Nous avons pu les reproduire, pour les *Stemphylium* notamment, en ensemençant sur bois, que nous avons laissé dessécher, les espèces développées en milieu normal (carotte).

Elles ne sont point une nouveauté. Nous savons en effet que, pour le *Cladosporium* notamment, E. Laurent (1) les a observées

(1) E. Laurent. — Recherches sur le polymorphisme du *Cladosporium herbarum*. *Annales Institut Pasteur*, Vol. II, 1888, p. 599.

dans les cultures sur gélatine, et PLANCHON (1) en liquide Raulin.

L'étude de ces formes est particulièrement intéressante chez les *Alternaria*. Dans l'*Alternaria polymorpha*, l'*A. chartarum* et l'*A. varians*, l' « état fumago » s'étend aux appareils végétatif et reproducteur, qui sont fortement cutinisés et prennent un aspect commun, qui est intermédiaire aux « spores » et au mycélium. On ne voit pas de files.

L'*Alternaria humicola* présente un aspect quelque peu différent. Nous la prenons comme type, en raison de sa plasticité et en donnons une étude un peu plus détaillée.

Le *mycélium* est cutinisé, très noir, fumagoïde, composé d'articles sphériques, de taille assez variable et mesurent en moyenne 6-8 μ × 5-7.

Les *spores* sont reconnaissables, quoique leurs cellules rappellent celles du mycélium. Elles sont en massif, très noires et opaques, composées d'éléments sphériques, empiétant les uns sur les autres, et ne sont pas portées sur un pédicule (Pl. XIII, fig. 17). Elles mesurent 30-35 μ × 15-20 (Pl. XIII, fig. 12), parfois 22 μ × 10 seulement et sont donc plus trapues, et parfois plus petites, que dans les cultures sur carotte. Elles sont enfin disposées en chapelets.

Le cou est à peine plus clair que le reste de la spore. Les chapelets sont courts ; quelques-uns sont anormaux (Pl. XIII, fig. 13), car, de place en place, ils présentent des spores insérées perpendiculairement. Les spores en germant sur place (Pl. XIII, fig. 14) redonnent des filaments d'aspect fumagoïde.

On trouve d'ailleurs de nombreux passages du mycélium aux spores.

On peut aussi voir (Pl. XIII, fig. 15 et 16) des formes semi-normales, mais évoluant vers les états fumagoïdes. Elles mesurent 25 à 30 μ dans les deux sens.

D. **Formes filamenteuses stériles.** — Nous ne les avons observées que pour le *Fusarium* sp. N° 1, qui était, dans les taches, fréquemment associé au *Stachybotrys atra* et pour le *Fusarium* sp. N° 2.

Adhérence du champignon au papier.

Elle est très variable suivant les genres. Les *Chætomium*, le *Myxo-*

(1) PLANCHON. — Influence du milieu sur les Dématiées. *Annales Sciences naturelles*, 1900, p. 140.

trichum et l'*Eidamella* poussent en surface et sont assez faciles à détacher. Preuss (1) avait, du reste, remarqué depuis longtemps que le *Myxotrichum* peut être enlevé facilement, avec une aiguille, du papier où il a poussé.

Les moisissures qui donnent des spores se brisent, en général, à tout effort de traction et laissent de nombreux débris inclus dans le papier.

Les états fumagoïdes sont très adhérents et presque toujours profondément enfouis dans les fibres de cellulose.

II. — Zone pigmentée.

Faisant, bien entendu, défaut quand le champignon n'émet pas de pigment à l'extérieur, elle est constituée, dans le cas contraire, par les fibres du papier teintées par les sécrétions de la moisissure.

La matière colorante diffuse plus ou moins, et, bien souvent, la tache est visible sur les deux faces du papier. Elle traverse quelquefois une très grande épaisseur et, dans les vieux volumes, il n'est pas rare de voir les dix ou douze feuillets qui précèdent ou suivent la page piquée, être eux-mêmes maculés.

Forme de la zone colorée. — Elle peut être :

1° A peu près circulaire *(Chætomium bostrychodes, Ch. Kunzeanum, Myxotrichum chartarum).*

2° Irrégulière et sans limites précises, les colonies étant souvent disséminées *(Aspergillus sulphureus* Desm., *A. brunneofuscus, Acrostalagmus cinnabarinus, Spicaria elegans, Cephalothecium roseum,* var. β Matr., *Stachybotrys atra*).

3° Diffuse et étendue, au point de couvrir parfois un espace de plusieurs centimètres (*Fusarium sp.* N° 2).

Couleur. — Elle varie avec la nature du pigment et, pour une même tache, avec la composition du papier et surtout l'âge de la « piqûre ».

Nous avons, dans le tableau qui va suivre, indiqué la couleur des taches et, le cas échéant, celle de la zone pigmentée périphérique. Cette dernière rappelle souvent, en une teinte plus claire la couleur du mycélium.

(1) Preuss. — In Deutschl. Flora Pilze, VI, p. 79.

TABLEAU DES TACHES SPONTANÉES

COULEUR DE LA TACHE	ESPÈCES	ZONE PÉRIPHÉRIQUE DUE A LA DIFFUSION DU PIGMENT
Noir violacé	*Aspergillus brunneofuscus*	brun rouge, avec nuances violacées, étendue
Noir rappelant la suie	*Torula chartarum*	nulle
Gris noirâtre, ou noirâtre	*Alternaria chartarum*	nulle
Noire ou vert noirâtre	*Stachybotrys atra*	gris verdâtre, ou brunâtre, foncée, marquée
Brun vert olive foncé	*Chætomium bostrychodes*	jaunâtre, circulaire
Brun olivâtre, avec parties brun noir ou noires	*Ch. chartarum* Winter	nulle
Brun noir	*Ch. Kunzeanum*	jaune brun, circulaire
Noirâtre, gris brunâtre ou brun vert	*Cladosporium herbarum*	nulle
Brun très foncé, parfois presque noire	*Stemphylium macrosporoideum* *S. botryosum* *S. piriforme* *S. verruculosum* *S. graminis*	nulle
Brun très foncé parfois presque noire	*Alternaria varians*	nulle
	Al. humicola	jaunâtre, ou brunâtre, peu marquée
Brun très foncé parfois presque noire	*Stysanus Stemonites*	nulle
Brun foncé, avec zones noirâtres	*Alternaria polymorpha*	nulle
Brun foncé	*Myxotrichum chartarum*	jaunâtre, ou brunâtre, assez étendue
	Eidamella spinosa	jaunâtre
	Alternaria varians *Al. humicola*	nulle

COULEUR DE LA TACHE		ESPÈCES	ZONE PÉRIPHÉRIQUE DUE A LA DIFFUSION DU PIGMENT
Brun clair café au lait		*Spicaria elegans*, var. *flava*	jaunâtre, ou brun très clair
Jaune brun		*Aspergillus sulphureus* Desm.	rouille, ou jaune brun, taches disséminées
Jaune rouge ou ocre rouge		*Acrostalagmus cinnabarinus*	jaunâtre légèrement orangée
Rose thé ou rose saumon		*Cephalothecium roseum* var. β *Matr.*	jaune, légèrement rosée peu étendue
Rouge, brune, puis brun foncé		*Fusarium sp.* N° 2	d'abord rosée, puis grenat, lie de vin, rouille, enfin brune, Diffusion extrêmement marquée et pénétration profonde
Taches à peine marquées	légèrement visqueuses et se cutinisant parfois tardivement	*Dematium pullulans*	presque nulle.
	pulvérulentes	*Nocardia sp.*	nulle.
	aspect d'un enduit blanc	*Fusarium sp.* N° 1	nulle

CHAPITRE II

REPRODUCTION ARTIFICIELLE DES ALTÉRATIONS PAR DES CULTURES DE CHAMPIGNONS SUR PAPIER.

Il ressort de l'examen des taches que les champignons isolés par nous sont, très vraisemblablement, les agents de l'altération des papiers.

Il restait à en donner la preuve. Nous l'avons établie grâce à des cultures systématiques sur papier primitivement intact, qui nous ont permis de reproduire la « piqûre » avec tous ses caractères.

Cette méthode rappelle en tous points celle que l'on emploie en pathologie expérimentale, où l'on inocule à des animaux sains les microbes dont on présume la nature pathogène.

Les cultures artificielles présentent de nombreux avantages. Elles laissent observer un mycélium pur, protégé contre toute infection secondaire. Elles maintiennent la moisissure intacte, à l'abri des traumatismes accidentels. Elles indiquent à l'expérimentateur, grâce à des repiquages sur carotte, la durée de vie du champignon. Elles permettent de suivre les modifications que subissent, avec le temps, les appareils végétatif et reproducteur du champignon et la couleur du pigment, et enfin, de mesurer l'étendue graduelle de la tache.

Techniques des cultures sur papier.

Nous avons versé dans des tubes étranglés, 3 ou 4 centimètres cubes d'eau, puis y avons placé une bande de papier mesurant 10 centimètres sur 2, en prenant soin qu'elle ne trempât point dans le liquide. Sans ajouter aucune substance nutritive, nous avons adapté un bouchon d'ouate, et stérilisé à l'autoclave.

L'eau était, selon les expériences, renouvelée ou non. Elle était, en tous les cas, toujours versée aseptiquement.

Les bandes avaient été découpées dans les feuilles de papier (papier à imprimer, en particulier) mêmes, d'où provenaient les échantillons utilisés pour les expériences en coupelles et en boîtes de Pétri.

Les tubes ainsi préparés furent ensemencés avec des spores (1) prélevées sur des cultures (sur carotte, par exemple) d'espèces papyricoles, puis laissés soit au jour, soit dans une armoire obscure à porte pleine.

Nous réalisions ainsi expérimentalement des conditions se rapprochant de la réalité, puisque les livres moisissent dans des bibliothèques humides et souvent sombres.

Une remarque s'impose. Le papier, conservé en tubes, stérilisé et non ensemencé, présente parfois à la longue, avons-nous constaté, des taches jaunâtres absolument aseptiques. Elles paraissent dues à une altération chimique du papier, causée elle-même par l'élimination insuffisante du chlore, et se manifestent sous l'influence de l'humidité.

Nous avons, bien entendu, éliminé cette cause d'erreur dans nos observations.

(1) Ou, à défaut, avec du mycélium, quand l'espèce (par exemple le *Fusarium*) ne sporulait pas.

Résultats obtenus avec les cultures sur papier.

Ils sont, disons-le de suite, tout à fait démonstratifs. Les cultures, en effet, se développent aisément, prennent l'aspect des colonies ayant poussé spontanément sur papier et, comme elles, provoquent la piqûre et la perforation de l'échantillon.

A. Destruction partielle et perforation. — La destruction partielle des fibres est un phénomène tardif et peut parfois n'apparaître qu'au bout de quelques mois. Elle est analogue à celle que l'on observe sur les pages des vieux livres. Pour constater le fait, il suffit de laisser sécher, puis de retirer du tube la petite bande de papier. On voit la zone « piquée » tomber en poussière et se perforer.

L'examen microscopique du papier ensemencé démontre aussi la réalité de l'attaque des fibres cellulosiques par le champignon.

Le *Stachybotrys atra* paraît être l'espèce perforant le plus rapidement le papier.

Comme nous l'avons vu à propos des taches spontanées, la moisissure peut être incolore ou colorée, et sécréter, ou non, un pigment diffusible.

B. Taches. — Elles se produisent de façon beaucoup plus précoce que la perforation. Généralement visibles au bout de quelques jours, c'est seulement après plusieurs semaines, parfois plusieurs mois, qu'elles ont atteint leur complet développement. Elles ont alors une étendue, une forme, une coloration et un aspect général qui leur donnent une grande ressemblance avec les macules des livres « piqués ».

Etat du champignon dans les cultures sur papier. — L'aspect macroscopique des taches est donc le même. Nous allons maintenant démontrer que l'examen microscopique donne des résultats comparables.

Nous avons dit, en étudiant les taches spontanées, que la moisissure pouvait revêtir quatre aspects différents. Nous allons les voir se reproduire dans nos cultures sur papier. Envisageons-les donc successivement.

1° Formes parfaites. — Les *Chætomium (Ch. bostrychodes, Ch. Kunzeanum, Ch. chartarum)*, le *Myxotrichum chartarum* donnent des périthèces. Il en eût été sans doute de même si nous avions

cultivé l'*Eidamella spinosa*, espèce très voisine, comme l'a démontré M. Matruchot, du *Myxotrichum*.

2° Formes filamenteuses avec spores externes. — On les constate dans les espèces suivantes : *Aspergillus sulphureus* Desm., *A. brunneofuscus*, *Acrostalagmus cinnabarinus*, *Spicaria elegans*, *Cephalothecium roseum*, var. β Matr., *Torula chartarum*, *Stachybotrys atra*, *Stysanus Stemonites*, *Nocardia* sp. Les spores apparaissent souvent de façon hâtive et le mycélium est peu développé. Nous faisons abstraction, ici encore, de la *Nocardia* sp. qui donne, dans toutes circonstances, d'innombrables spores.

Les faits sont donc concordants.

Ajoutons que quelques-unes de ces cultures sur papier présentent des particularités intéressantes. La *Torula* et le *Stachybotrys* ne sont jamais corémiés, comme c'est aussi le fait dans les taches spontanées. Les colonies de *Stachybotrys* sont noires et assez serrées.

L'*Acrostalagmus* ne donne, pas plus d'ailleurs que sur carotte, de formes fumagoïdes.

Le *Stysanus* se développe avec facilité. Ses colonies, étendues, sont composées d'arbuscules visibles à l'œil nu.

3° Formes fumagoïdes. — Les champignons que nous avons trouvés végétant dans les papiers spontanément piqués, à l'état fumagoïde, ou au moins morcelé, sont, comme nous l'avons dit, les *Dematium*, *Cladosporium*, *Stemphylium*, *Alternaria*, *Fusarium* sp. N° 2.

Quelles formes présentent-ils dans les cultures sur papier?

α. *Dematium pullulans*. — Il donne, comme sur carotte, des conidies formes-levures. Les colonies sont blanchâtres ou jaunâtres et d'aspect légèrement visqueux.

Cet état végétatif peut persister un temps plus ou moins long. La petite colonie fonce, devient ensuite brunâtre et le microscope y montre la présence d'éléments enkystés et fumagoïdes.

β. *Cladosporium herbarum*. — Son aspect rappelle d'abord celui du champignon développé dans des conditions normales. Les cultures, toutefois, sont pauvres et diffuses, et ne présentent jamais de touffes, telles qu'on les observe sur les milieux riches.

Le mycélium se disloque de bonne heure et se résout en ces fausses conidies qui sont la caractéristique du genre.

Parfois les « conidies » et les fragments mycéliens épaississent

leur paroi et s'organisent tardivement en « Fumago », mais cette évolution n'est pas très fréquente.

γ. *Stemphylium. (St. macrosporoideum, St. botryosum, St. piriforme, St. verruculosum, St. graminis.)* Ils se sont d'abord montrés différents de leurs congénères observés sur les taches spontanées.

Cultivés sur papier, en effet, nos *Stemphylium* fructifient rapidement et la végétation, bien que réduite, est normale. Mais, au bout de plusieurs semaines, ils prennent des formes de conservation et rappellent alors tout à fait les *Stemphylium* trouvés sur les vieux livres.

Les spores et le mycélium ont alors un aspect commun et sont pareillement enkystés, fait facilement intelligible, puisque les appareils végétatif et reproducteur ne présentent pas, dans le genre *Stemphylium*, de différences essentielles.

Le *St. graminis*, dont le mycélium possède, même sur carotte, comme nous le savons, des éléments fumagoïdes, montre une disposition particulière au morcellement et à l'enkystement.

δ. *Alternaria. — Al. polymorpha, Al. chartarum, Al. varians,* se comportent sensiblement comme les *Stemphylium* et fructifient. Les chapelets ne possèdent d'ailleurs pas les longues files classiques de spores et sont réduits à deux ou trois éléments. Ces champignons prennent, dans la suite, comme les *Stemphylium*, des caractères fumagoïdes.

Les modes de végétation propres aux atmosphères saturées font ici défaut. On ne voit pas de formes toruleuses.

L'*Al. polymorpha* ne forme jamais de pycnides.

L'*Al. humicola* mérite une étude spéciale, car elle est un exemple typique des modifications que peuvent imprimer à un champignon le développement sur papier et le vieillissement.

1° L'examen direct du champignon prélevé sur papier spontanément piqué permet de constater, nous l'avons dit, des formes rapetissées, très cutinisées, un mycélium composé d'éléments sphériques, de grosseurs diverses, très noir et enfin des chapelets courts (dont quelques-uns sont anormaux), composés de spores presque semblables au mycélium.

2° Le développement sur carotte, rappelons-le également (se reporter à la première partie), donne des filaments normaux, de couleur vert brun ou grisâtre et des spores bien différenciées, attachées en longues files.

3° Les cultures, obtenues par ensemencement, en tubes de papier, substratum d'ailleurs favorable au champignon, présentent, quand elles sont fraîches, des caractères rappelant beaucoup ceux du champignon poussé sur carotte. Elles ont un aspect ouaté et une couleur gris noirâtre. Le gazon toutefois est peu dense et l'examen microscopique laisse apercevoir déjà quelques-uns des aspects observés sur les colonies spontanées. Le mycélium, en tous les cas, est plus foncé que sur carotte ; il est partiellement fumagoïde et, par places, présente des éléments sphéroïdaux non encore cutinisés.

Les spores sont aussi de teinte plus sombre que sur milieu normal.

4° Ces mêmes cultures sur papier, à mesure qu'elles vieillissent et se dessèchent (il ne faut pas renouveler l'eau), se cutinisent et s'enkystent de manière presque complète.

Les modifications qu'elles subissent s'accentuent avec le temps, et, au bout d'une année environ, la ressemblance entre les champignons d'une tache spontanée et ceux des tubes de papier est remarquable. (Pl. XIII, fig. 8 à 11.)

ε. *Fusarium* sp. N° 2. — Il subit une évolution du même genre. Ensemencé sur papier, il donne des filaments stériles, blancs, qui deviennent ensuite jaunes, puis rouille et brun rougeâtre, sans jamais sporuler. La culture, au bout de six semaines ou deux mois, surtout si on la laisse se dessécher, devient marron, puis brun foncé. L'examen microscopique montre alors la présence d'éléments nettement cutinisés.

L'enkystement que présentent, avec le temps, les *Dematium*, *Cladosporium*, *Stemphylium*, *Alternaria* et *Fusarium*, modifie parallèlement la couleur de la tache, qui fonce progressivement.

4° Formes filamenteuses stériles. — Elles sont représentées uniquement par le *Fusarium* sp. N° 1 et n'offrent aucune particularité intéressante (1).

Le champignon pousse sur le papier, mais ne le tache pas. Il ne se modifie pas avec le temps. Il ne végète d'ailleurs pas seul dans les taches, mais il est toujours associé avec un autre champignon et surtout le *Stachybotrys atra*.

Adhérence au papier. — La force d'adhérence est, pour un champignon donné, sensiblement la même sur papier que dans les colonies spontanées.

(1) C'est à dessein que nous avons placé au paragraphe précédent le *Fusarium* sp. N° 2, car il donne des formes fumagoïdes.

Nous mentionnons le fait sans y insister, afin d'éviter les redites.

Pigmentation des fibres du papier. — Les observations relatives à la diffusion pigmentaire, enfin, sont également concordantes.

Les espèces, en effet, qui, sur les pages piquées, provoquent des taches dépourvues de zone périphérique teintée, ne donnent pas non plus, dans les cultures sur papier, de matière colorante diffusible.

Inversement, les champignons qui déterminent, dans les vieux livres, des macules entourées d'une auréole, teignent aussi de leurs sécrétions les papiers où ils ont été ensemencés.

Remarquons que pour se rapprocher des conditions naturelles, il faut encore s'adresser à des cultures suffisamment âgées. C'est seulement au bout d'un temps parfois très long que la tache a acquis son étendue, sa forme et sa couleur définitives.

Le pigment, en effet, diffuse lentement et augmente ainsi, pendant des semaines, la surface tachée. De plus, nous l'avons mentionné, dans certaines espèces il se modifie en vieillissant. C'est ainsi que, dans les cultures sur papier de *Chætomium bostrychodes*, il passe du verdâtre au jaune brun et que, dans celles du *Ch. Kunzeanum*, il fonce sensiblement. L'auréole de même, pour le *Stachybotrys*, de vert foncé devient noirâtre et, pour le *Fusarium* sp. N° 2, présente successivement une gamme de teintes qui va du rouge au brun.

Il est nécessaire de maintenir, pendant quelques semaines, la bande dans un état d'humidité suffisant. On favorise ainsi l'extension de la tache en surface, et même en profondeur, car on la voit gagner la face du papier opposée au côté ensemencé.

La zone périphérique pigmentée, dans les cultures sur papier, rappelle tout à fait celle des colonies spontanées. La couleur et l'aspect sont les mêmes. La forme se trouve aussi reproduite. Elle est, en effet, à peu près circulaire ou ovalaire pour le *Chætomium bostrychodes*, le *Ch. Kunzeanum* et le *Myxotrichum chartarum*. Elle est irrégulière et, pas plus que les colonies, ne comporte de limites précises, pour les *Aspergillus (A. sulphureus* Desm., *A. brunneofuscus)*, l'*Acrostalagmus cinnabarinus*, la *Spicaria elegans*, var. *flava*, le *Cepalothecium roseum*, var. β Matr. et le *Stachybotrys atra*. Elle est extrêmement étendue, quand le champignon qui la provoque est le *Fusarium* sp. N° 2.

Nous présentons, sous forme d'un tableau aisément compa-

rable avec le premier, l'ensemble des taches que nous avons obtenues expérimentalement dans nos cultures sur papier.

TABLEAU DES TACHES EXPÉRIMENTALES

ESPÈCES	ASPECT DE LA TACHE	ZONE PÉRIPHÉRIQUE DUE A LA DIFFUSION DU PIGMENT
Chætomium bostrychodes	brun vert foncé, ronde ou polycyclique	d'abord jaune verdâtre clair, puis jaunâtre ou brunâtre, circulaire
Ch. Kunzeanum	brun noir, même forme	jaune d'or, puis jaune foncé, circulaire
Ch. chartarum	brun olive très foncé, ou noire, même forme	nulle
Myxotrichum chartarum	minuscule broussaille, brun foncé, donnant une colonie irrégulière (1)	jaunâtre, sans limites précises
Eidamella Spinosa	morte, n'a pu être cultivée	
Aspergillus sulphureus Desm.	taches disséminées, nombreuses, irrégulières, jaunâtre brun	va du jaune rouille au jaune brun
A. brunneofuscus	rouge violacé foncé, allant presque jusqu'au noir	grenat violacé rappelant le jus de cassis ou de cerise bigarreau, puis rouge brun, étendue
Acrostalagmus cinnabarinus	aspect ferrugineux, fond jaune piqueté d'ocre rouge. Par places, le papier semble poudré avec de la poussière de brique	jaunâtre, avec nuances rouille ou orangées
Spicaria elegans, var. *flava*	brun clair, café au lait	jaunâtre ou brun très clair
Cephalothecium roseum, var β. Matr.	rose thé ou rose saumon	jaune rosée peu étendue
Torula chartarum	noir mat, contour net	nulle
Stachybotrys atra	colonies noires, assez serrées	gris, vert foncé, puis brun noirâtre. Diffusion marquée

(1) Cette description diffère de celle de Preuss (Sturm. Deutschland Flora Pilze VI, p. 79). D'après cet auteur, le *Myxotrichum chartarum* se présente sur papier sous forme de petits gazons, gros comme des grains de pavots, jaunes ou olive, arrondis et qui s'étendent progressivement.

ESPÈCES	ASPECT DE LA TACHE	ZONE PÉRIPHÉRIQUE DUE A LA DIFFUSION DU PIGMENT
Dematium pullulans	à peine colorée ; quelquefois devient jaune brun rosé très clair et parfois même brune	peu marquée
Cladosporium herbarum	gris brunâtre ou brun vert foncé allant jusqu'au noir ; généralement nette et à peu près ronde	nulle
Stemphylium macrosporoideum	marron très foncé, presque noire	nulle
St. botryosum	id	id
St. piriforme	id	id
St. veruculosum	id	id
St. graminis	id	id
Alternaria polymorpha	brun foncé, avec zones noirâtres	id
Al. chartarum	gris noirâtre, très foncée ou noire	id
Al. varians	brun foncé allant jusqu'au noir	id
Al. humicola	noire	très limitée ; brunâtre
Stysanus Stemonites	brun noir	id
Fusarium sp. N° 2	d'abord rouge cerise et peu étendue, puis lie de vin. Devient ensuite d'un jaune rappelant la teinture d'iode diluée. Ensuite jaune brun, puis franchement brune	à peu près mêmes tonalités que le mycélium qui est en partie « teint » par ses propres sécrétions (1). D'abord rosée, puis groseille, brun rose, lie de vin, rouille, brun et brun foncé. Parfois taches jaune d'or pur ou associé à une coloration lie de vin. Quelquefois coloration rosée très étendue du papier, due à la grande diffusion du pigment
Fusarium sp. N° 1	blanche à peine visible	nulle
Nocardia sp.	blanchâtre, pulvérulente, ressemblant à de la craie	nulle

(1) Voir la deuxième partie.

Nous avons reproduit à l'aquarelle, à l'aide de la chambre claire, quelques taches caractéristiques et noté leurs particularités (dimensions, teintes, etc.). Les colonies sur papier qui nous ont servi de modèle, avaient été obtenues expérimentalement et elles étaient suffisamment âgées.

Remarquons que la tache ainsi peinte est vue par transparence et n'a donc pas, fatalement, la même teinte que si elle était examinée à la lumière directe. (Se reporter aux tableaux XVI et XVII.)

TABLEAU DES TACHES REPRODUITES A L'AQUARELLE

ESPÈCES	DIMENSIONS	COULEUR DE LA TACHE	ZONE COLORÉE PAR LA DIFFUSION DU PIGMENT
Stachybotrys atra	1375 μ	noir et gris foncé	noir grisâtre, marquée
Cladosporium herbarum	les deux taches les plus grandes ont l'une 300, l'autre 500 μ de diamètre	gris noir, avec zones presque noires	nulle
Stemphylium macrosporoideum	75 à 150 μ dans les deux sens	grise avec piqueté noir	nulle
St. piriforme	150 à 300 μ dans les deux sens. Colonies nombreuses ayant tendance à devenir confluentes	fonds gris avec points presque noirs	nulle
Alternaria polymorpha	825 μ sur 625	fond brun foncé avec zones noires	nulle
Al. chartarum	1250 μ sur 800	gris noirâtre	nulle
Chætomium bostrychodes culture assez jeune	Fond : 625 μ de diamètre. Zone pigmentée : 1950 μ, soit près de 2 millim. de diamètre	vert brun foncé	jaune verdâtre circulaire, étendue
Aspergillus sulphureus Desm.	très variable, fréquemment 120 μ dans les deux sens ou 375 sur 150 environ	jaune brun avec piqueté marron	jaune brun

ESPÈCES	DIMENSIONS	COULEUR DE LA TACHE	ZONE COLORÉE PAR LA DIFFUSION DU PIGMENT
Acrostalagmus cinnabarinus	Sans dimensions précises. Souvent 1280 μ sur 525 environ	fond jaune orangé clair, avec piqueté ocre rouge	jaune orangé
Spicaria elegans, var. *flava*	variable ; assez souvent 300 μ sur 225	brun clair ou café au lait	jaune brun très clair
Cephalothecium roseum, var. β. Matr.	75 à 150 μ dans les deux sens. Plusieurs colonies en se fusionnant donnent des taches qui mesurent, avec la zone pigmentée, 1700 μ sur 375 à 750	rose saumon	jaune rosé, peu étendue
Fusarium sp. N° 2, assez jeune	Plusieurs colonies circulaires, allant de 225 à 500 μ de diamètre et ayant déterminé une zone pigmentée unique, circulaire, 1650 μ de diamètre	brun rose et rose violacé	Rouge groseille avec nuances brunes et violacées. Diffusion très marquée
Fusarium sp. N° 2, assez âgé	Centre : 225 μ dans les deux sens. Zone pigmentée circulaire de 525 μ de diamètre	lie de vin	Rouille et lie de vin, très large
Id.	Centre : 1350 μ sur 375, zone pigmentée sans limites bien précises et mesurant 1800 μ sur 1200 environ	rouille et lie de vin	Id.
Fusarium sp. N° 2, plus âgé encore	Centre : 300 μ sur 150. Zone pigmentée à peu près circulaire de 750 μ de diamètre	rouille	rouille et jaune, étendue

Les colonies artificielles sur papier, on le voit, reproduisent, à la condition d'être suffisamment âgées, les caractères macroscopique et microscopique des taches des livres piqués.

Le temps est donc un facteur important dans la genèse de ces macules, bien connues, que l'on observe sur les volumes anciens.

Durée de la vie du champignon dans le papier.

Elle varie évidemment avec les conditions extérieures et le champignon considéré.

Le papier est vraisemblablement infecté bien avant de se piquer. Les spores, en effet, après avoir été déposées sur sa surface ou incorporées dans son épaisseur au cours de la fabrication, peuvent vivre à l'état latent pendant un temps parfois très long, et ne germer qu'au moment où les circonstances leur sont devenues favorables.

Quelle est alors la durée de l'existence du champignon? Nous avons cherché à la déterminer en repiquant sur carotte des tubes de papier d'un âge connu. Nous avons ainsi constaté qu'elle est fort longue, d'autant qu'un grand nombre d'espèces prennent des formes de conservation.

Toutes nos cultures sur papier vivaient encore, au bout de quatre ans. Seule, l'*Alternaria polymorpha*, sans que nous ayons pu en trouver la raison, s'est montrée plus fragile.

Il arrive parfois que la moisissure, le *Stachybotrys* par exemple, disperse autour d'elle de nombreuses spores, qui pourront ultérieurement germer et provoquer de nouveaux dégâts.

Le champignon n'a pourtant pas une résistance indéfinie. Il est parfois, en vieillissant, contaminé par des moisissures vulgaires, qui finissent par le détruire et prennent, sur la page piquée, la place qu'il occupait. Il peut arriver aussi que l'échantillon récolté soit mort. C'est une éventualité fréquente lorsqu'on « herborise » sur vieux livres.

Enfin, M. Matruchot a remis entre nos mains une boîte hermétiquement fermée, trouvée au Laboratoire de Botanique de l'École Normale Supérieure, et dans laquelle le regretté Pr van Tieghem avait placé, quarante-deux années auparavant, des lames de verre enveloppées de papier.

Beaucoup de ces feuilles présentaient des taches. Les essais de culture sont pourtant demeurés infructueux. Le mycélium était sans doute mort depuis plusieurs années.

CHAPITRE III

ÉTUDE DU PIGMENT

Nous avons dit, dans la deuxième partie de ce travail, que si certaines taches possèdent une zone périphérique pigmentée, d'autres en sont dépourvues. Il est donc logique d'admettre que, dans le premier cas, le champignon sécrète un pigment diffusible et que, dans la deuxième éventualité, il n'en émet point.

Cette interprétation est corroborée par l'observation de cultures en tube Borrel. Nous voyons, en effet, selon la moisissure ensemencée, le milieu nutritif se teinter plus ou moins vivement ou, au contraire, demeurer sans modification.

Le liquide de culture reste incolore avec : *Chætomium chartarum* (Berk.) Winter, *Torula chartarum, Dematium pullulans, Cladosporium herbarum, Stemphylium macrosporoideum, St. botryosum, St. piriforme, St. verruculosum, St. graminis, Alternaria polymorpha, Al. chartarum, Al. varians, Stysanus Stemonites, Fusarium* sp. N° 1, *Nocardia*, sp.

L'absence de tout pigment peut d'ailleurs être vérifiée au spectroscope : on ne constate aucune absorption sensible.

Le liquide est coloré par les champignons suivants : *Chætomium Kunzeanum* Zopf, *Ch. bostrychodes* Zopf, *Myxotrichum chartarum, Aspergillus sulphureus* Desm., *A. brunneofuscus, Acrostalagmus cinnabarinus, Spicaria elegans*, var. *flava, Cephalothecium roseum* Corda, var. β Matr., *Stachybotrys atra, Alternaria humicola, Fusarium* sp. N° 2.

Technique. — Ce sont les pigments diffusibles, c'est-à-dire les liquides colorés par les sécrétions fongiques, que nous allons étudier.

Il faut, à cet effet, cultiver les champignons en tube Borrel. On doit éviter l'emploi de liquides renfermant eux-mêmes des pigments, tels que le bouillon de carotte, et prendre de préférence des milieux artificiels.

Après quelques essais, nous avons adopté la solution suivante :

Eau	1 litre
Glucose	20 grammes
Azotate de potasse	3 grammes
Phosphate de soude monobasique	1 gramme

Elle a l'avantage de ne pas jaunir au cours de la stérilisation. En outre, ainsi que nous l'avons reconnu, elle ne modifie pas la croissance et l'aspect général des moisissures. On la voit, à mesure que se développe l'organisme vivant, foncer progressivement. Il faut l'examiner au moment où sa teinte ne se modifie plus.

Voici, par ordre d'intensité croissante de teinte, le classement des liquides pigmentés :

Cephalothecium roseum, Myxotrichum chartarum, Chætomium Kunzeanum, Ch. bostrychodes, Spicaria elegans, var. *flava, Alternaria humicola, Acrostalagmus cinnabarinus, Aspergillus sulphureus* Desm., *Stachybotrys atra, Fusarium* sp. N° 2, *Aspergillus brunneofuscus.*

Ces liquides ont, du reste, beaucoup d'analogie. Les teintes, en effet, question d'intensité mise à part, sont toutes comprises dans les jaunes, les jaunes rougeâtres, les orangés, les jaunes bruns. Elles ont été, après examen à la lumière du jour, notées au moyen du « Code des couleurs » de Klincksieck et Valette (Méthode de Chevreul simplifiée).

Les liquides ont été soumis aussi à l'action des acides (chlorhydrique, acétique) et des alcalis (eau ammoniacale) (1).

Examinons, au point de vue du pigment, les espèces les unes après les autres.

Cephalothecium roseum. — Le liquide est jaunâtre très clair. La pigmentation apparaît assez tardivement et elle est toujours peu marquée.

N° de la teinte, 153 C.

L'acide chlorhydrique concentré produit un précipité. Dilué, il est sans action, de même que l'acide acétique et l'eau ammoniacale.

Myxotrichum chartarum. — Liquide un peu plus brun que le précédent et tachant nettement le papier.

La sécrétion pigmentaire, quand le champignon se développe sur milieu artificiel, se produit après la formation des asques. Elle est plus précoce quand il pousse sur carotte, car on la voit apparaître au moment où la culture contient encore exlusivement du mycélium blanc stérile.

(1) Nous n'avons envisagé que les réactions immédiates, négligeant volontairement celles qui peuvent se produire tardivement, au bout de plusieurs heures par exemple.

N° de la teinte : 161.

Mêmes constatations que pour la précédente espèce.

La formation de pigment est fréquente chez les Gymnoascées. MM. Matruchot et Dassonville (1) la signalent dans les cultures d'*Eidamella spinosa* et de divers champignons de teigne (*Lophophyton gallinæ*, *Trichophyton* divers, etc.) et, quelques années plus tard, A. Sartory et G. Bainier (2) en démontrent l'existence chez le *Gymnoascus confluens*.

Chætomium Kunzeanum Zopf. — Milieu teinté en jaunâtre. Les liquides paraissent, du reste, mal convenir à cette espèce ; car, contrairement à ce que l'on observe sur carotte, les cultures restent maigres, le mycélium stérile est abondant et les fructifications n'ont guère de tendance à devenir confluentes.

Teinte N° 166. L'existence d'un pigment couleur « paille » a d'ailleurs été signalée par Zopf (3) dans ce *Chætomium*. L'action des acides et des alcalis est nulle.

Chætomium bostrychodes Zopf. — La coloration du liquide, d'abord jaune assez vif, devient ensuite rouge brun, d'une couleur rappelant le bois d'acajou.

Teinte N° 102.

L'action des acides et des alcalis est nulle.

La zone pigmentée, dans les cultures sur papier, est nettement circulaire. Elle est d'abord jaunâtre, puis vire au brun jaunâtre.

La sécrétion des matières colorantes est, on le sait, fréquente chez les *Chætomium* et on a notamment signalé l'existence de pigments, rouge brun dans le *Ch. pannosum*, et jaune dans le *Ch. elatum*.

Spicaria elegans. — Liquide jaunâtre. N° 136.

Les acides chlorhydrique et acétique sont sans action.

L'eau ammoniacale produit un léger brunissement.

Alternaria humicola. — Pigment brun rappelant le café largement étendu d'eau. N° 107.

L'acide chorhydrique concentré produit un précipité. L'acide acétique et l'eau ammoniacale ne donnent aucun changement de coloration.

(1) Matruchot et Dassonville. — *Eidamella spinosa. Bulletin Société Mycologique de France*, T. XVII, 1901, pp. 123-132.

(2) Bainier et Sartory. — Étude morphologique et biologique d'un champignon nouveau du genre *Gymnoascus*, *Gymnoascus confluens* n. sp. *Bulletin Société Mycologique de France*, T. XXIX, 1913, pp. 261-272.

(3) Zopf. — *Loc. cit.*, p. 181.

Acrostalagmus cinnabarinus. — Teinte jaune rougeâtre N° 106.

Quant à l'action des acides et des alcalis, mêmes remarques que pour l'*Alternaria humicola.*

Aspergillus sulphureus Desm. — Le liquide est brun rouge et rappelle le vin de Madère. N° 77.

Les acides minéraux ou organiques n'amènent aucun changement dans le liquide. L'eau ammoniacale le brunit légèrement.

Beaucoup d'Aspergilles émettent des sécrétions colorées. Bainier et Sartory (1), notamment, ont observé dans l'*Aspergillus disjunctus*, l'*A. sejunctus*, l'*A. mollis* et l'*A. mutabilis*, des pigments rouges, qui ne sont pas modifiés par les acides acétique, lactique, chlorhydrique à froid, mais qui virent, par contre, quand ils sont en dissolution éthérée, sous l'influence des alcalis (ammoniaque, lessive de soude).

Ces auteurs (2) indiquent aussi l'existence, chez l'*Aspergillus Scheelii*, d'un pigment jaune, sur lequel les acides et les alcalis sont à peu près sans action.

Les liquides de culture des *Cephalothecium*, *Myxotrichum*, *Chætomium*, *Spicaria*, *Alternaria*, *Acrostalagmus* et *Aspergillus sulphureus* ont été examinés dans les tubes Borrel. Ceux des champignons dont l'étude va suivre *(Stachybotrys, Fusarium* sp., *Aspergillus brunneofuscus)* ont dû, en raison de leur opacité, être transvasés dans des tubes à essai. En outre, ils ont été, avant d'être comparés aux échantillons du code Valette, additionnés de quatre fois leur volume d'eau distillée pour les deux premiers et de dix fois pour l'*A. Brunneofuscus.*

Stachybotrys atra. — Le liquide, d'abord brun vert, d'une teinte olive, fonce peu à peu, devient d'un brun rappelant le café noir.

N° de la teinte (en tube à essai) : 153.

L'acide chlorhydrique concentré détermine une coagulation de la matière colorante. Dilué, il est, de même que l'acide acétique et l'eau ammoniacale, sans effet apparent.

Selon Zopf, ce champignon communique à l'agar une couleur rouge brun.

Fusarium sp. N° 2. — L'observation des cultures est fort curieuse. D'abord, comme nous l'avons signalé dans la première partie de ce travail, le mycélium est blanc ; puis apparaissent des taches rouges

(1) Bainier et Sartory. — Étude morphologique et biologique de certains Aspergilles à pigment. *Bulletin Société Mycologique de France*, T. XXVIII, 1912, pp. 257-279

(2) Bainier et Sartory. — Id., pp. 346-367 et pp. 452-468.

sur sa surface, tandis que le liquide des tubes Borrel reste encore incolore. Ces taches sont dues à une pigmentation secondaire des filaments, à une « autoimprégnation ».

L'existence de ce remarquable phénomène a été mis en évidence par M. Matruchot (1). Il a reconnu que certains champignons (*Monascus purpureus, Eurotiopsis Gayoni, E. Saussinei,* etc.) se colorent grâce à une « autoimprégnation » de l'organisme par son propre pigment, au préalable excrété au dehors.

M. Matruchot a retrouvé ce processus dans l'*Eidamella spinosa* (2) et il a démontré, caractère aisément reconnaissable chez notre *Fusarium*, que « la répartition du pigment est fort irrégulière », le pigment excrété par le champignon étant repris par certaines parties du mycélium seulement.

Bientôt la pigmentation, dans notre *Fusarium*, gagne le liquide de culture qui devient rosé, puis rouge groseille. Il vire ensuite au rouge lie de vin, au « rouille », puis au brun rougeâtre et il fonce progressivement.

Le mycélium passe par les mêmes gammes de teinte dans les cultures et les taches du papier. Aussi voit-on des couleurs rouille, lie de vin, rouge violacé, rouge brun, brun, etc., qui sont souvent mêlées. La diffusion est considérable.

Quand le liquide de culture a atteint sa couleur définitive, il est brun rouge très foncé et, en tube Borrel, laisse à peine passer la lumière. Examiné pur, dans un tube de 9 millimètres de diamètre, il est brun rouge. Sur 1 mm. 6 seulement d'épaisseur, il présente une couleur jaune brun, sans ton rouge.

Additionné de trois fois son volume d'eau, dans une éprouvette à essai, sa teinte est intermédiaire aux N°s 152 et 153 de la table de Klincksieck et Valette.

Les acides chlorhydrique et acétique, les alcalis ne déterminent aucune modification.

Les pigments des *Fusarium* semblent d'ailleurs appartenir à des catégories assez différentes et Bezssonof (3), notamment,

(1) L. Matruchot. — Sur une méthode de coloration du protoplasma par les pigments des champignons. *Académie Sciences*, CXXVII, nov. 1898, p. 881. — Miscellanées biologiques, Paris 1899. — Sur une structure particulière du protoplasma chez une Mucorinée et sur une propriété générale des pigments bactériens et fongiques. *Revue Générale de Botanique*, N° 12, 1900, pp. 33-61.

(2) L. Matruchot et Dassonville. — *Loc. cit.*

(3) Bezssonof. — Sur les pigments des *Fusarium*. *Académie Sciences*, T. CLIX, 24 août 1914, pp. 448-450.

signale dans un champignon de ce genre deux pigments : l'un anthocyanique jaune, l'autre appartenant au groupe des carotines.

Les *Fusarium*, le fait a été maintes fois signalé, donnent fréquemment au cours de leur développement, des teintes groseille, cerise ou pourpre. C'est ainsi que K. Klein (1) attribue la « moisissure rouge » des grains d'orge à un champignon de ce genre. Seliber (2) isole aussi un Fusarium donnant une coloration rouge et Lindau (3) en trouve un autre sur les taches pourpres des rameaux de *Rubus idæus*.

Aspergillus brunneofuscus. — Ce liquide est le plus foncé d'entre tous ceux que nous avons observés. En tube Borrel, il a l'aspect de l'encre. Examiné pur, sous une petite épaisseur (1 mm. 6), il a une couleur rouge brun.

Additionné de dix fois son volume d'eau et regardé en tube à essai, il a une teinte correspondant à peu près au N° 83. Le ton en est pourtant légèrement plus clair.

L'acide chlorhydrique amène une précipitation. L'acide acétique produit une couleur acajou foncé, un peu différente de la teinte primitive et l'eau ammoniacale donne au liquide une couleur rappelant le vieux rhum.

Les diverses matières colorantes que nous avons examinées, déposées sous forme de gouttes sur du papier, le tachent de manière plus ou moins marquée, selon les champignons qui les ont sécrétées. Elles ont donc un pouvoir tinctorial indubitable et que nous avons d'ailleurs mis en évidence précédemment, en étudiant la pigmentation des fibres du papier.

Elles n'ont par contre, nous l'avons vu, guère de tendance à virer avec les acides et les alcalis, comme c'est le fait d'autres pigments étudiés par MM. Coupin et Friedel (4). Elles ne semblent donc pas appartenir au groupe des anthocyanines. Elles existent d'ailleurs dans d'autres champignons ; C. van Iterson Jr (5),

1) K. Klein. — Étude sur la moisissure rouge du malt. *Botanisches Centralblatt*. Vol. LIII, 1893, p. 42.

(2) Seliber. — Sur le virage du pigment de deux champignons. *Académie des Sciences* vol. CL, 1910, p. 1707.

(3) Lindau. — *In* Rabenhorst.

(4) Coupin et Friedel. — Sur la biologie du *Sterigmatocystis versicolor*. *Académie des Sciences*. T. CXXXVIII, 1904, p. 1118.

(5) Van Iterson Jr. — Décomposition de la cellulose par les microorganismes aérobies. *Centralblatt fur Bakteriologie*, 2e partie, Vol. XI, pp. 689-698.

notamment, signale dans *Pyrenochæta humicola* Oud. un pigment noir, résistant aux acides et aux alcalis et susceptible de teindre en brun foncé les fibres du papier.

Examen spectroscopique (1).

Les nombres que nous allons donner caractérisent une longueur d'onde. Le violet commence à 400, le rouge entre 7 et 800. Le spectroscope que nous avons employé permet donc de repérer les couleurs.

Les liquides faiblement teintés ont été examinés avec une fente fine, qui donne un spectre bien pur. Ceux qui sont très colorés ont été observés sous une faible épaisseur, permettant d'employer une fente étroite.

1° Les liquides suffisamment translucides furent donc étudiés dans les tubes Borrel mêmes, où la culture s'était développée (le diamètre de ces tubes est de 3 cm. 8). Nous les rangeons par ordre d'opacité croissante.

Cephalothecium roseum. — Absorbe le violet. $\lambda = 0\,\mu\,425$. On ne peut fixer de limite précise, parce que c'est un dégradé continu. Spectre unilatéral, rien de caractéristique.

Myxotrichum chartarum. — Mêmes remarques que pour le liquide précédent. Cependant, la solution est un peu plus brune à l'œil.

Chætomium Kunzeanum. — Même nombre.

Ch. bostrychodes. — Absorption jusqu'au jaune. $\lambda = 0\,\mu\,575$.

Spicaria elegans, var. *flava.* — Semblable au précédent. $\lambda = 0\,\mu\,575$.

Alternaria humicola. — Même remarque. $\lambda = 0\,\mu\,575$.

Acrostalagmus cinnabarinus. — Même remarque. $\lambda =$ vers $0\,\mu\,575$.

Aspergillus sulphureus Desm. $\lambda = 0\,\mu\,620$.

2° Les liquides suivants, étant très foncés, ont dû être transvasés :

Stachybotrys atra. — Le liquide a été versé dans un tube à essai de 12 millimètres de diamètre. $\lambda =$ vers $0\,\mu\,520$.

Fusarium sp. N° 2. — Pour une épaisseur de 1mm. 6, le liquide est jaune brun, sans ton rouge. $\lambda = 0\,\mu\,475$. En tube de 9 millimètres de diamètre intérieur, la coloration est brun rouge. $\lambda = 0\,\mu\,560$.

Aspergillus brunneofuscus. — Sous une épaisseur de 1 mm. 6, le liquide est rouge brun. $\lambda = 0\,\mu\,600$.

(1) Pour cet examen spectroscopique, M. Cotton a bien voulu nous donner quelques conseils, dont nous le remercions vivement.

TROISIÈME PARTIE

TRAITEMENT CURATIF ET PRÉVENTIF DE L'ALTÉRATION DES PAPIERS

CHAPITRE I

Historique.

On a préconisé successivement un grand nombre de méthodes destinées à empêcher et à enrayer l'altération des livres. Toutes dérivent de cette idée première que l'agent nocif est un insecte.

En 1754 déjà, un article du *Gentlemans Magazine* (1) recommande de répandre, entre les pages et la couverture, du poivre ou de l'alun pulvérisé.

Cette publication conseille aussi l'emploi de colles de farine ou d'amidon, qui empêcherait la pénétration des insectes.

Houlbert (2) émit du reste, en 1900, une opinion diamétralement opposée, en assurant que l'*Anobium paniceum* est un insecte fort dangereux, qui recherche précisément ces matières amylacées.

En 1853, M. A. de Quatrefages (3) soutient que certaines larves sont très résistantes et ne succombent qu'aux gaz toxiques ou à une forte chaleur.

Le Congrès des Bibliothécaires tenu à Paris, en août 1900, fait faire un grand pas à la question, car un certain nombre de méthodes dirigées contre les insectes semblent, nous le verrons plus loin, susceptibles d'enrayer le développement des champignons.

Houlbert (4) classe les mesures destinées à préserver les livres en quatre catégories, selon qu'elles sont d'ordre mécanique, chimique, physique ou biologique.

Nous les décrivons brièvement.

(1) In R. Trümers. — Les insectes ennemis du papier. *Arch. Zeitsch.* N. F. Bd. XIV, 1917, pp. 22-38.

(2) Houlbert. — *Congrès des Bibliothécaires*, Paris, août 1900, et *Les insectes ennemis des livres ; leurs mœurs. Moyens de les détruire*, un volume, Paris 1903.

(3) A. de Quatrefages. — *Revue des deux Mondes*, 1853, p. 796 et suivantes.

(4) Houlbert. — *Loc. cit.*

1. Procédés mécaniques. — Les insectes viennent généralement des herbiers. On doit, pour les éloigner, goudronner et peindre les bibliothèques (Colonel GOUREAU) (1), boucher les trous des rayons et des parois. Il faut aussi remplacer le bois par le fer et, en tout cas, éviter l'emploi de l'aubier.

Le nettoyage et le battage des volumes, la recherche des insectes, leur capture par des pièges, etc., seraient aussi des mesures fort utiles.

2. Procédés chimiques. — Les substances dont on peut faire usage sont, selon HOULBERT :

a. *Odorantes.* — Citons le camphre, la naphtaline en saupoudrages, les essences de thym et de térébenthine, dont on imprègne des morceaux de drap qui sont placés derrière les livres, la fumée de tabac, les plantes aromatiques.

b. *Asphyxiantes.* — Elles comprennent le chlore gazeux, l'acide sulfureux, l'hydrogène sulfuré, la benzine, sous formes de vapeurs ou en badigeonnages (Léon HÉRIARD) (2), le sulfure de carbone, que l'on laisse évaporer dans un appareil spécial et qui, selon JOHAN BOLLE, a l'avantage de ne pas altérer les couleurs.

La formaldéhyde est très efficace, d'après Albert MAIRE (3) qui emploie une dissolution aqueuse à 40 0/0. Elle n'a, par contre, pas donné de résultats satisfaisants à HOULBERT. Cet auteur a, en effet, constaté que certaines larves, même après seize heures de contact, résistent à l'action des vapeurs d'une solution à 5 0/0. Il recommande néanmoins l'emploi de solutions faibles (1 à 5 0/0), destinées à asperger les planches et les rayons, ou à être abandonnées dans des cuvettes de porcelaine.

Il fait aussi brûler de l'alcool méthylique dans des lampes spéciales, dégageant de l'aldéhyde formique.

c. *Irritantes.* — On les utilise en poudre ou en liquide. Ce sont : l'alun, le poivre, le borax, le pyrètre, le quassia, l'essence de Mirbane, le pétrole (Mlle PELLECHET) (4), etc.

On a même essayé de brûler dans les cheminées de la poudre à canon, comprimée et moulée !

(1) Colonel GOUREAU. — *Congrès des Bibliothécaires de* 1900.

(2) Léon HÉRIARD. — *Notes sur les insectes qui ravagent les bibliothèques.*

(3) Albert MAIRE. — La bibliothèque et l'hygiène du livre. *Courrier des bibliothèques*, Nos 6 et 7, 1901.

(4) Mlle PELLECHET. — *Congrès des Bibliothécaires de* 1900.

d. *Toxiques.* — LHERMINIER (1), déjà en 1837, badigeonna les livres et les herbiers avec une solution de sublimé dans de l'alcool à 40° Beaumé et additionné de substances volatiles (huile de romarin, etc.).

Le Colonel GOUREAU conseille d'injecter le bois avec des solutions de sulfate ou d'acétate de cuivre, etc.

On a employé aussi les solutions de sublimé, d'acide arsénieux, l'acide cyanhydrique sous forme gazeuse, le salicylate (Mlle PELLECHET), le naphtol (DENIKER) (2), etc.

Enfin HOULBERT propose d'additionner les pâtes et les colles, *au cours de la fabrication du papier*, de produits qui soient « toxiques » pour les insectes. Le sublimé, l'acide arsénieux, l'acide phénique, le borax, l'alun, le formol, l'aldéhyde éthylique et même le quassia, sont, d'après lui, les plus efficaces de ces substances.

Les fils et liens, servant au brochage, doivent aussi être plongés dans une solution de quassia, puis enduits de cire.

3. Procédés physiques. — Le froid n'a, d'après HOULBERT, aucune action sur les agents destructeurs des livres. Une température de 80°, obtenue à l'aide de l'autoclave ou d'un four de boulanger, serait, au contraire, efficace.

4. Procédés biologiques. — Ils consistent à provoquer la destruction des insectes par des parasites végétaux (Entomophtoracées.)

Étude critique. — Les méthodes proposées par les bibliophiles ont, nous l'avons dit, pour buts la recherche, la destruction et l'éloignement des insectes. Certaines d'entre elles n'ont aucune action sur les moisissures. D'autres, par contre, sont susceptibles d'exercer sur les végétaux inférieurs une action réelle.

Le bouchage des trous, les nettoyages fréquents ne peuvent être qu'à conseiller. Il en est de même pour le goudronnage des bibliothèques qui rend le bois imputrescible, action importante, car certains champignons *lignicoles* deviennent, le cas échéant, *papyricoles*. La destruction des insectes par les procédés biologiques ou les pièges ne peut, bien entendu, influencer en rien le développement des moisissures.

(1) LHERMINIER. — Observations sur les habitudes des insectes de la Guadeloupe *Annales Société Entomologique de France*, Vol. VI, 1837, pp. 499-502.

(2) DENIKER. — *Congrès des Bibliothécaires de* 1900.

Les procédés *chimiques* méritent un examen plus détaillé.

Les substances dites « odorantes » ou « irritantes », telles que le camphre, la naphtaline, l'alun, le borax, le pyrèthre, les plantes aromatiques, etc., que l'on place entre les pages des livres, sont inefficaces. HOULBERT, d'ailleurs, le reconnaît. Le quassia, qui éloigne sans doute les insectes par son amertume, n'a aucune action sur les champignons.

La térébenthine, malgré un certain pouvoir antiseptique, n'a pas d'influence sur les organes, souvent cutinisés, des champignons papyricoles. Elle est, de plus, très inflammable.

La même remarque s'applique au pétrole, qui peut, du reste, abîmer les pages des livres. La benzine est aussi d'un usage dangereux.

Les substances qualifiées par HOULBERT « d'*asphyxiantes* » ou de « *toxiques* », possèdent un incontestable pouvoir antiseptique et leur usage semble, de prime abord, logique. Mais il nous faut examiner le mode d'emploi qu'on en a conseillé et voir aussi si elles ne sont pas nocives pour le lecteur ou pour le livre.

Ces substances doivent, d'après les bibliophiles, être utilisées sous forme solide (en poudre), liquide, ou gazeuse.

1° *Poudres.* — On ne peut songer, dans une vaste bibliothèque, à saupoudrer les livres avec des antiseptiques, ce serait un travail de Sisyphe. En outre, ces produits sont souvent inefficaces. Ils sont parfois toxiques et risquent de provoquer des accidents.

2° *Liquides.* — Injectés dans le bois des bibliothèques, ils ne sauraient empêcher la piqûre des livres. En badigeonnages, ils sont d'un usage peu commode et peuvent détériorer les volumes. Certains d'entre eux, tels le sublimé, sont des poisons. D'autres, comme le salicylate, sont fort coûteux et ont une valeur antiseptique presque nulle.

Il semble théoriquement que l'on puisse empêcher la moisissure du papier, en additionnant, au cours de la fabrication, les pâtes et les colles, de solutions antiseptiques, telles que celles de sublimé. Mais ce procédé est inapplicable. L'antiseptique est, en effet, inefficace à faible dose. S'il est en forte quantité, il peut déterminer des intoxications et de plus, comme le dit HOULBERT, il provoque des altérations chimiques du papier et gêne la fabrication.

3° *Gaz et vapeurs.* — Ils ont été employés à la désinfection des papiers et des volumes. Ils s'éliminent d'ailleurs, de façon complète,

mais ne sont pas non plus, pour la plupart, dépourvus d'inconvénients.

L'acide cyanhydrique, extrêmement toxique, peut causer des accidents mortels, et doit être proscrit.

Le chlore et l'acide sulfureux sont efficaces, mais détériorent les matières organiques.

La térébenthine et la benzine, sous forme de vapeurs, sont, nous l'avons dit, très inflammables. Le sulfure de carbone est, en outre, toxique (Dorveaux) (1).

L'activité de ces substances est d'ailleurs douteuse, puisque les auteurs ne sont même pas d'accord sur le temps nécessaire à leur action (30 à 36 heures, selon Houlbert, huit jours d'après Girard).

La formaldéhyde constitue, sous forme gazeuse, le meilleur des antiseptiques. Nous en reparlons plus loin.

Les procédés physiques ne paraissent pas non plus à conseiller. La chaleur humide abîme les volumes et les papiers, les fait gondoler et, en les saturant d'eau, les rend ultérieurement plus vulnérables à l'action des moisissures.

Le séchage des livres humides, préconisé par M. Dureau, bibliothécaire de l'Académie de Médecine, semble préférable. Il doit être pratiqué avec prudence, car, sous son influence, les papiers et les reliures deviennent cassants.

***

Aucun traitement n'a donc donné les résultats espérés.

Aussi nous a-t-il semblé logique, après un bref exposé des méthodes modernes de fabrication, de :

I. — Rechercher l'origine de la contamination.

II. — Établir l'existence de relations entre la nature du papier (composition, encollage) et la fréquence de l'infection.

III. — Essayer de tirer de ces deux points des déductions pratiques.

IV. — Tenter des moyens propres à empêcher la moisissure du papier terminé.

V. — Expérimenter enfin des procédés destinés à éviter et à enrayer la piqûre des livres.

(1) Dorveaux. — *Congrès des bibliothécaires de* 1900.

CHAPITRE II

FABRICATION DU PAPIER

Nous ne ferons pas un exposé complet des techniques, très complexes, qui sont actuellement en usage dans la fabrication du papier. Nous voulons seulement en donner une description succincte, nous réservant d'insister sur les points qui intéressent directement ce travail (1).

En principe, pour fabriquer du papier, il faut préparer une pâte de cellulose, que l'on étale en couches très minces. Après pression et dessiccation, ces couches constituent les feuilles.

En outre, dans la plupart des papiers, se trouvent des matières diverses, appelées charges et qui servent à en augmenter la blancheur, l'opacité, la consistance et le poids et aussi à remplir les interstices des matières végétales. On emploie, à cet effet, la barytine, le kaolin, le sulfate et le carbonate de chaux, le blanc de magnésie, le talc, l'amiante, etc.

Les matières premières les plus couramment employées sont les chiffons, le bois et les pailles.

I. Pate de chiffons. — On la prépare avec des fils ou des tissus usés, de coton, de lin et de chanvre. Elle paraît connue depuis longtemps. Jules Wiesner (2) assure même que des papiers fort anciens, trouvés à El Faijûm, sont presque analogues à ceux dont nous faisons usage de nos jours.

La technique, assez complexe, comprend les opérations suivantes :

1° Désinfection. — Destinée à éviter les maladies contagieuses en temps d'épidémie, elle est obtenue dans un appareil spécial,

(1) Consulter : *Dictionnaire des Sciences et de leurs applications*, Vol. II, pp. 2235-2238. — *Traité pratique de la fabrication du papier*, par Hofmann. — *Manuel pratique des fabricants de papier*, par A. Watt, 1 vol. 376 pages, édition complétée par L. Desmarets. — La publication *Le Papier*. — *Le collage et la nature du papier*, par Wurster. — *La fabrication du papier*, par Puget. — *Le papier pour les livres*. Rapport présenté par M. Albert Crolard, au *Congrès National du livre*, Paris 1917.

Nous devons beaucoup de détails techniques intéressants à l'aimable obligeance de M. Albert Crolard, président du Syndicat des fabricants de papier. Nous lui adressons nos meilleurs remerciements, ainsi qu'à M. Arnould, ancien fabricant de papier fin, au capitaine Gaston Bouilly, mort au Champ d'honneur, à Verdun et à M. Raoul Bouilly.

(2) Jules Wiesner. — Étude microscopique des anciens papiers Orientaux et Européens. *Botanisches Centralblatt*. Vol. XXXIII, 1888, p. 240.

au moyen de l'anhydride sulfureux, de la vapeur surchauffée, ou de vapeurs contenant du chlore.

2° Battage. — Effectué à l'aide d'une machine.

3° Triage des qualités différentes de tissus.

4° Délissage. — Fait à la main, à l'aide d'une faux ou avec la machine « coupe-chiffons », il permet de diviser les pièces de chiffons, de séparer les coutures, etc.

5° Blutage. — Il est destiné à enlever mécaniquement les poussières.

6° Pourrissage. — Cette méthode, abandonnée aujourd'hui, consistait à laisser fermenter les chiffons mouillés et égouttés. Elle donnait une belle cellulose, mais faisait développer de nombreuses moisissures, que l'on éliminait ensuite le plus complètement possible par des lavages à l'eau acidulée.

7° Lessivage. — On emploie, à cet effet, une lessive alcaline bouillante, préparée avec un mélange de chaux et de soude caustique, afin de dissoudre les graisses et de laisser la fibre à nu.

8° Effilochage, broyage et défilage. — On les réalise au moyen de lames métalliques tranchantes. L'opération nécessite une grande quantité d'eau.

9° Égouttage.

10° Blanchiment. — Il n'est pas appliqué à toutes les pâtes ; il est indispensable au traitement des chiffons. Il n'est réellement efficace que si le lessivage a été suffisamment poussé pour éliminer toutes les matières putrescibles. Les chiffons sont, avant le blanchiment, lavés avec de l'eau, qui les débarrasse des produits alcalins ayant servi au lessivage.

Le chlore, à l'état gazeux, est rarement utilisé de nos jours pour le blanchiment. On soumet généralement la pâte, dans une pile spéciale, à l'action d'une dissolution aqueuse de chlorure de chaux.

On peut aussi, pour les pâtes de bois, électrolyser une solution de chlorure de magnésium.

Quel que soit le procédé employé, il faut ensuite éliminer de la pâte tout excédent de chlore par de grands lavages.

De vieux papiers sont souvent ajoutés à la pâte. Ils ont parfois séjourné de longues semaines dans des locaux malpropres. Ils sont souvent broyés dans des meuletons, puis introduits tels quels, sans aucun nettoyage, dans les nouvelles pâtes, car le travail d'épura-

tion est assez coûteux. Certains papiers imprimés sont cependant soumis à un traitement qui élimine l'encre grasse.

Les pâtes de chiffons, étant d'origine indigène et n'ayant par conséquent pas besoin d'être transportées, ne sont pas séchées par économie ; aussi les voit-on souvent se piquer et même pourrir. Les altérations qu'elles présentent peuvent alors nécessiter, après lavage, un nouveau blanchiment. Mais cette dernière opération est alors faite rapidement et ne suffit sans doute pas à restériliser la pâte.

Les papiers, autrefois, étaient faits avec des pâtes fraîches de chiffons blancs (toile blanche, etc.). Aussi n'étaient-elles pas blanchies au chlore ; elles étaient seulement lessivées à la chaux, puis soumises à de grands lavages. C'est la raison pour laquelle la fibre des vieux papiers est si belle.

II. Pates de bois. — On les prépare par voies mécanique ou chimique.

Les essences les plus employées pour leur faible prix, leur blancheur, leur qualité, leur rendement supérieur sont le sapin, le pin et le tremble.

1° *Pâte mécanique* (ou *bois mécanique*) (1). On coupe le bois en bûches de 50 centimètres de long, on l'écorce, on retire les nœuds par forage et on l'écrase avec une meule de grès, appelée défibreuse, contre laquelle le pressent plusieurs jets d'eau.

Cette pâte constitue une sorte de sciure. Les fibres qui la composent, auxquelles adhèrent d'ailleurs encore des substances gommeuses, résineuses, pectiques, etc., sont très courtes et brisées. Aussi les papiers qu'elle donne, peu coûteux, mais de qualité médiocre (journaux quotidiens), se déchirent-ils facilement et ont-ils en outre l'inconvénient de prendre à la lumière une coloration jaunâtre, qui est due à l'impureté de la cellulose.

2° *Pâte chimique* (ou *bois chimique*). — On réduit le bois en bûches, on l'écorce, puis on le soumet à l'action d'un agent chimique, en vase clos.

On utilisait à cet effet, il y a quelques années, les produits les plus variés : les alcalins (lessive de soude caustique), les acides (azotique, chlorhydrique, eau régale), l'anhydride sulfureux, le

(1) Consulter les *Pâtes mécaniques de bois*, par Pierre Rochon. *Le Papier*, octobre 1918, pp. 165-170.

sulfate de cuivre, les sulfites de soude, de potasse, d'ammoniaque, de chaux et de magnésie. Actuellement, on fait cuire le bois sous pression dans un digesteur, pendant dix heures environ, avec du bisulfite de chaux ou de magnésie.

La pâte obtenue avec le traitement chimique est formée de fibres longues, intactes et se feutrant bien. Elle est composée de cellulose presque pure et peut servir à faire des papiers solides. Toutefois, si on veut l'appliquer à la fabrication des beaux papiers, il faut la blanchir au chlorure de chaux, comme on le fait pour les pâtes de chiffons, ou bien la soumettre au blanchiment électrolytique. Ces opérations ne peuvent d'ailleurs s'effectuer dans de bonnes conditions que sur des celluloses chimiquement pures, parce que les matières incrustantes gênent l'action du chlore.

La pâte de bois chimique est généralement mélangée avec de la pâte de chiffons.

Les papeteries reçoivent souvent, toutes préparées, des pâtes de bois venant de Suède, de Norvège et du Canada.

Les pâtes chimiques sont envoyées à 90 0/0 de siccité.

Les pâtes mécaniques, au contraire, sont souvent humides (elles renferment 50 0/0 d'eau), leur faible valeur marchande ne permettant pas de les soumettre à la dessiccation. Elles sont parfois employées au bout de douze mois seulement, aussi sont-elles souvent altérées. Elles présentent d'ailleurs fréquemment, la première année, des taches jaunes et, la deuxième année, des taches noires.

Il peut arriver qu'elles aient été fabriquées par des industriels peu scrupuleux avec des bois pourris ; leur conservation est alors très limitée.

III. Pates diverses. — Un grand nombre d'autres végétaux sont aussi utilisés dans la fabrication (1). Ils sont dits « succédanés » et servent généralement à faire des pâtes de remplissage. Citons le mûrier à papier ou *Broussonetia papyrifera*, le palmier nain, les essences des forêts indiennes, telles que les *Bombax*, *Ficus*, *Sterculia*.

On emploie très souvent l'alfa, dont on fait les très beaux papiers. On utilise, enfin, une herbe assez commune appelée *Molinia cœrulea*, le bambou, la canne à sucre, le jute, le sparte, le houblon, les pailles de céréales, etc. En principe, on peut se servir de tous les végétaux

(1) D'après *Official Copy*. Report on the Progress and condition of the Royal Garden at Kew en 1879. *Botanisches Centralblatt*. Vol. VI, 1881, p. 217, et d'après Watt et Desmarets.

et de tous les tissus fibreux. En réalité, on ne considère comme véritables pâtes à papier actuelles que les pâtes de chiffons, de bois, de paille, d'alfa et de sparte. Enfin, on peut avoir recours aux rognures et aux déchets de papier.

Nous ne pouvons entrer dans tous les détails et ne signalons que les points essentiels. Les fibres d'alfa et de sparte, après un battage, subissent l'action d'une lessive de soude chaude sous pression. Le sparte, bien blanchi au chlorure de chaux, donne un papier très solide pour l'impression et l'écriture.

La paille est d'un usage très commun. Macérée à froid dans la lessive de chaux, elle ne donne que du papier d'emballage. Traitée par la soude, puis blanchie au chlore, elle donne des pâtes blanches pouvant entrer dans la composition des plus beaux papiers. Les pailles en usage sont celles de seigle, de blé, d'avoine, d'orge, etc.

Le jute est employé à la fabrication des emballages. Lessivé et blanchi à fond, il peut servir à faire du papier d'écriture.

Toutes ces pâtes sont dites « tendres », car le traitement chimique auquel on les a soumises est très énergique et a rendu les fibres de cellulose peu résistantes.

Un grand nombre de matières premières, il faut le remarquer, proviennent de l'étranger. Aussi s'efforce-t-on, depuis quelques mois, de trouver dans notre pays même, les fibres végétales destinées à la fabrication du papier. L'École Française de Papeterie de Grenoble, notamment, en 1912, a préparé un bel échantillon exclusivement avec des sarments de vigne.

Récemment, le 27 mai 1918, Mme Karen-Bramson, dans une note présentée à l'Académie des Sciences, assure avoir obtenu du papier de types variés, avec les feuilles d'arbres de nos forêts (à l'exception des sapins et des pins). Le 9 avril 1919, MM. Le Chatelier et Coquidé (1) recommandent l'emploi de plantes herbacées dans la fabrication des pâtes.

Bien d'autres fibres pourraient d'ailleurs être utilisées et notamment le genêt, qui est très commun (2).

Un article (3) signale l'existence, en France, de nombreux végétaux se prêtant à la fabrication du papier (canne de Provence,

(1) Ac. Sc., (9 avril 1919).

(2) *Rapport de l'Office national des Papiers sur les besoins de la Papeterie française en matières premières*, 10 octobre 1918.

(3) Les ressources de la France et la pâte à papier.

peuplier, etc.). D'autres plantes y seraient facilement acclimatées. Le mûrier à papier, notamment, trouverait sur le littoral Méditerranéen des conditions favorables à son développement.

Il est possible de reconnaître l'origine et les proportions relatives des fibres qui entrent dans la composition des papiers (1). Il suffit d'examiner ces derniers au microscope, après les avoir soumis à l'action de la solution :

Eau	20 grammes
Iode	1 gr. 15
Iodure de potassium	2 gr.
Glycérine	1 gr.

On peut aussi les traiter par certaines couleurs d'aniline (sulfate d'aniline, etc.).

Le réactif phloroglucine acide chlorhydrique permet de reconnaître le bois mécanique.

Traitement des pâtes.

Les pâtes sont employées soit isolément, soit, plus souvent, mélangées. Leur composition est une opération très délicate, qui demande beaucoup de doigté et d'expérience. Elles renferment toujours un mélange de pâtes fortes, destinées à charpenter la feuille et de pâtes de remplissage (2). Le papier est d'autant plus cher qu'il contient une quantité plus grande de chiffons ou de bois chimique.

Le papier de journal, par exemple, renferme environ 30 0/0 de pâte chimique, 50 à 60 0/0 de pâte mécanique de sapin, 10 à 15 0/0 de vieux papiers et peu de charge minérale. Il est demi-collé.

Certains beaux papiers sont faits exclusivement avec des chiffons ; d'autres, mi-fins, sont fabriqués avec du bois chimique, des chiffons et des déchets de papier fin. Ils doivent, comme les purs chiffons, être blanchis avec du chlorure de chaux. La qualité et le degré de blancheur doivent être proportionnés au prix de vente.

Les pâtes, une fois composées, sont soumises au raffinage, c'est-à-dire qu'elles sont triturées à nouveau dans une pile raffineuse. On jette à ce moment, dans l'appareil même, la charge minérale et,

(1) Allen. — Commercial Organic Analysis, in Watt et Desmarets, p. 6, et Recherches sur la microscopie du papier. *Le Papier*, 10 mars 1914.

(2) E. Arnould. — L'art d'établir la composition des papiers. *Le Papier*, nov. 1918, pp. 181-185.

le cas échéant, la colle de résine et les colorants (on utilise soit des composés d'aniline (1), qui ont l'inconvénient d'être fugaces, soit des couleurs plus stables, telles que l'outremer).

Encollage. — Cette opération est très importante.

Le papier qui n'y a pas été soumis est, en effet, mou, peu résistant, spongieux. Il peut, quand sa texture est lâche, servir de « filtre », de buvard, ou, quand elle est plus serrée, recevoir certaines impressions typographiques (gravures fines). Ses usages sont donc limités.

Le collage serait une pratique très vieille et, selon J. Wiesner (2), aurait été obtenu, dans des papiers fort anciens, à l'aide d'amidon.

C'est au xve siècle seulement que l'on aurait utilisé la colle animale.

On a d'ailleurs employé, depuis cette époque, les matières les plus variées : caséine, cire, résine, poix, gommes-mastics. Actuellement, on se sert de gélatine et surtout de résine.

La gélatine, additionnée d'alun et souvent d'un antiseptique (généralement de petites doses de formol) car elle se corrompt avec facilité, sert à préparer un bain dans lequel on plonge les feuilles, qui sont ensuite suspendues et séchées à l'air, sans chauffage, ou encore placées entre des feuilles sèches.

L'encollage ainsi obtenu est « en surface », si bien que l'on ne peut écrire sur un « grattage ». Il est, de plus, sensible à l'humidité.

Si l'on veut un encollage « dans l'épaisseur », on utilise un savon résineux.

La colle est brune ou blanche. Cette dernière, qui est la plus employée, est une dissolution concentrée de résine et elle ne moisit jamais, malgré l'absence de tout antiseptique.

Les procédés sont nombreux et variés. Le secret, si toutefois il en existe un, ne peut être trouvé que par l'expérience pratique et la connaissance intime des réactions chimiques (Hofmann).

En principe, on verse la colle dans la pile pendant le raffinage. L'addition de sulfate d'alumine précipite alors un « résinate d'alumine », pour lequel les fibres végétales ont une grande affinité. Ce composé est insoluble et imperméable à l'eau et à l'encre.

Le sulfate de sodium formé se perd dans l'eau de fabrication.

(1) R.-W. Sindall. — La coloration des pâtes à papier. *Le Papier*, 1908, p. 181.
(2) J. Wiesner. — *Loc. cit.*

La quantité de savon résineux varie avec l'emploi que l'on veut faire des papiers. Ceux qui sont destinés à l'impression, par exemple, sont dits « demi-colle », ou « quart de colle ».

Une condition indispensable au succès de l'opération est l'élimination préalable de toute trace de chlore ou d'acide.

Dans certains cas, le papier, après un premier encollage dans la pâte, est ensuite plongé dans un bain gélatiné. Il faut alors que le collage à la résine ait été très faible, sinon le papier n'absorberait qu'une quantité insignifiante de gélatine.

Dans le papier sans colle, on admet que les fibres sont juxtaposées à nu et forment un tissu solidement feutré. Lorsque la pâte est collée dans la masse, le résinate d'alumine isole les fibres et le papier gagne l'imperméabilité, mais par contre, y perd beaucoup de sa force et de sa souplesse (Hofmann).

Il faut remarquer enfin, que l'eau employée dans les diverses manipulations peut, par les impuretés qu'elle renferme, nuire à la fabrication et, en particulier, rendre l'encollage défectueux.

Manufacture du papier.

Le papier peut être fabriqué à la cuve ou en continu.

I. *A la cuve.* — On le fait à la main, à l'aide de formes spéciales (composées d'un châssis rectangulaire). S'il doit être collé, on le plonge dans une dissolution de gélatine alunée. Il a souvent un filigrane.

II. *En continu.* — Ce remarquable procédé, inventé par un Parisien, Louis Robert, est aujourd'hui universellement adopté.

Les opérations successives se font mécaniquement et se suivent sans interruption. Elles comprennent :

1° L'*épuration* par le sablier, qui enlève les graviers, les corps étrangers, par les épurateurs, etc.

2° L'*égouttage.* — La pâte, au début, contient, pour 10 kilogrammes de fibre, 90 kilogrammes d'eau. Elle arrive sur une toile métallique sans fin, où se fait l'égouttage. La toile présente des mouvements latéraux de « secousse », destinés à croiser les fibres et à obtenir ainsi un « feutre ».

3° L'*aspiration*, qui est réalisée par l'emploi de caisses à vide.

4° L'*essorage*, ou compression avec des cylindres, sur un feutre.

5° Le *chauffage*, obtenu avec des cylindres chauffés à la vapeur, qui complète la dessiccation du papier.

6° L'*enroulage* et le *coupage*, le *bobinage*.

Le papier terminé doit supporter une certaine charge de rupture et peser un certain poids (40 grammes par exemple) par mètre carré.

Il est parfois *satiné* à l'aide de presses rotatives à froid, ou, plus rarement, *calandré* à chaud, avec des cylindres chauffés.

Enfin, quelques papiers de très belles qualités sont collés « en feuilles » avec de la gélatine additionnée d'un antiseptique (formol). Ils doivent, après cet encollage, subir un nouveau séchage.

Les divers modèles de papier et leurs usages.

Papiers d'écriture et d'impression. — Toutes sortes de fibres peuvent entrer dans leur composition et il existe une infinité de qualités différentes entre les feuilles destinées aux éditions de luxe et celles qui servent à faire les prospectus, les journaux quotidiens et les cahiers bon marché.

Les très beaux papiers se font avec des chiffons soigneusement triés, lessivés et blanchis. Mais, à mesure que baisse la valeur marchande, entre dans la composition des pâtes une quantité de plus en plus grande de succédanés et même de charge minérale. C'est ainsi que les papiers de bas prix ne contiennent plus que des mélanges de bois mécanique, de rognures de papiers et de pâte chimique.

Les qualités moyennes sont souvent fabriquées avec de l'alfa, qui a l'avantage de prendre facilement l'encre d'imprimerie.

Les types les plus courants sont le vélin, le Hollande, le papier vergé, etc.

Les papiers de journaux étaient faits autrefois avec un mélange de chiffons et de bois mécanique, des rognures et du kaolin. Actuellement ils contiennent, nous l'avons dit, un mélange de pâte écrue au bisulfite, de bois mécanique (tremble ou sapin) et des rognures de papier blanc.

Le papier à registre supérieur est très épais. Il renferme des rognures de toiles, des cotons propres ou bien des cordes et des étoupes de chanvre. S'il est de qualité médiocre, il contient du bois chimique et un peu de chiffons.

Signalons maintenant quelques *papiers à usage spécial* :

Le papier couché, recouvert sur ses deux faces, ou sur l'une d'elles seulement, par une couche de sulfate de baryte ou de kaolin.

Le papier pelure, préparé quand il est beau, avec des chiffons très fins et translucides.

Le papier à cigarettes (de belle qualité), composé de chiffons de chanvre et de lin (1).

Le papier joseph, qui n'est pas collé et sert à filtrer. Il est fait de chiffons légers.

Le papier filtre, à base de chiffons (chanvre, coton ou lin). Il est peu laminé et non collé.

Le buvard, qui renferme des chiffons de coton ou du bois à la soude. Il n'est pas collé et peu laminé.

Les papiers dits de Chine (écorce de bambou) et du Japon (écorce de *Broussonetia papyrifera*, ou mûrier à papier).

Le papier de riz. Les Chinois le préparent avec de la paille de riz ou la moelle de l'*Aralia papyrifera*.

Le papier gris (pâtes de rebut) ; il n'est pas collé.

Le papier d'emballage, fait avec des pâtes de paille et des pâtes de bois brunes ou demi-chimiques et divers rebuts (jute, déchets de filature, etc.).

Le carton, dit bristol, est un papier de belle qualité et très épais.

Le carton gris ou carton pâte provient des vieux papiers.

CHAPITRE III

I. — Origines de la contamination du papier.

Nous n'avons pas la prétention de trouver toutes les causes possibles de la contamination. Toutefois l'exposé qui précède permet de penser que l'infection peut être :

a. **Primitive.** — Elle est due alors à des germes qui existent dans les matières premières. On l'observe dans les papiers fabriqués avec des pâtes de bois mécanique. Ces dernières, en effet, ne sont généralement pas stérilisées, puisque, dans la majorité des cas, elles ne sont ni blanchies, ni cuites.

Le défibrage à chaud semble insuffisant à tuer le mycélium et les spores.

Ces pâtes, en outre, sont envoyées humides de Scandinavie ou

(1) La papier à cigarettes. *Le Papier*, 10 sept. 1914.

du Canada et peuvent être aussi mouillées en cours de route. Elles arrivent donc souvent avariées et on a d'ailleurs trouvé dans les taches noires et grises qui couvrent parfois leur surface, des champignons du genre *Cladosporium.*

L'addition, dans les pâtes, de fibres végétales diverses, plus ou moins infectées, est aussi susceptible d'apporter des germes. Il en est de même de l'adjonction, aux pâtes de chiffons, de vieux papiers qui sont souvent malpropres et ne sont d'ailleurs, dans la paplurt des cas, pas aseptisés.

La présence de matières non complètement stérilisées dans un papier, est donc, d'une manière générale, une cause de détérioration, d'autant que les pâtes séjournent plus ou moins longtemps, avant leur emploi, dans des hangars humides et que les moisissures ont toute latitude pour s'y développer.

b. **Secondaire.** — Les pâtes de chiffons ayant subi l'action du chlore peuvent, à la condition que l'opération ait été suffisamment prolongée, être regardées comme stérilisées.

Les pâtes de bois chimique et de paille qui sont longuement cuites sous pression avec du bisulfite, puis blanchies au chlore et bien séchées, doivent être aussi considérées comme pratiquement exemptes de germes.

Il faut donc admettre l'existence d'une contamination secondaire. A quel moment se produit-elle?

1° A notre avis, l'infection atteint les pâtes entre le moment où elles sont fabriquées et celui où elles sont transformées en papier.

α. Les pâtes de chiffons, généralement faites sur place, avec des matériaux indigènes, n'ont pas besoin d'être transportées. Elles sont donc, nous l'avons dit, conservées humides et dans des conditions toujours septiques. Or, il s'écoule souvent quelques heures ou même plusieurs jours avant qu'elles ne soient employées. Elles ont donc le temps de moisir.

β. Les pâtes de bois chimique qui proviennent, comme les pâtes mécaniques, de Scandinavie et du Canada, sont sans doute séchées presque complètement avant leur envoi ; mais en cours de route et sur les quais d'embarquement, elles peuvent être mouillées (pluie, eau de mer). Aussi, dans un cinquième des cas environ, arrivent-elles humides. Elles sont parfois conservées, nous insistons sur ce fait, pendant plusieurs mois avant d'être mises sur la machine à

papier. On conçoit que, dans ces conditions, les germes puissent s'y développer.

Il va sans dire que les pâtes mécaniques, outre les germes qu'elles apportent avec elles, sont susceptibles aussi de se contaminer secondairement.

2° L'infection peut-elle se faire au cours de la fabrication? Est-elle alors causée par l'eau, dont on utilise des quantités considérables? Certains ingénieurs admettent cette hypothèse. Des savants Scandinaves et Canadiens, notamment, ont attribué la moisissure de certaines pâtes de bois aux matières organiques renfermées dans l'eau de fabrication. En effet, disent-ils, les usines situées sur les grands cours d'eau, toujours pollués, sont plus exposées à voir leurs produits moisir que celles qu'alimentent de petites rivières, relativement pures (?).

La contamination par cette voie est sans doute possible, mais les germes paraissent surtout véhiculés par l'atmosphère, car les moisissures papyricoles sont, avant tout, des organismes aériens (1).

Peut-être faut-il incriminer aussi les appareils insuffisamment nettoyés (cylindres, feutres, etc.), mais cette idée n'a jamais été vérifiée.

3° L'infection atteint enfin le papier terminé. Elle peut s'opérer, à la fin de la fabrication, par l'eau, dont on l'humecte souvent avant de le glacer. Mais, à notre avis, elle se fait surtout tardivement, par l'intermédiaire de l'air. Elle s'effectue alors soit dans l'usine où abondent les poussières, que les réserves de pâtes enrichissent sans doute en spores de moisissures papyricoles, soit plus tardivement, dans les magasins, caves des éditeurs, bibliothèques, etc. L'humidité facilite alors le développement des spores.

On peut, du reste, prouver la réalité de la contamination aérienne par une expérience bien simple. Il suffit de déboucher un tube de papier, pourvu d'eau, et qui a été préalablement stérilisé. On voit la petite bande présenter des colonies au bout d'un certain temps. Les moisissures se développent alors sur le papier, comme c'est le fait de toute flore spécifique, parce qu'elles y trouvent un terrain favorable.

Les techniciens admettant l'infection par l'eau nous ont fait

(1) Cette divergence d'opinions ne doit pas nous étonner. Ces questions sont encore mal élucidées et, en outre, chaque fabricant a ses méthodes propres, dont quelques-unes sont tenues secrètes.

remarquer que les typographes, autrefois, mouillaient couramment le papier, avant d'imprimer, et qu'actuellement encore les graveurs ont recours au même procédé. Cette pratique pourrait, à leurs yeux, expliquer la piqûre des livres.

Les volumes dans les bibliothèques sont, en outre, exposés à de multiples causes de contamination (mains des lecteurs, etc.).

Enfin, quelle que soit l'origine de l'infection, la présence de matières putrescibles dans le papier (lavage insuffisant des chiffons, pâtes mal stérilisées, etc.) favorise toujours sa détérioration.

Les altérations dont nous venons d'étudier les causes sont d'origine infectieuse. Elles n'ont rien de commun avec les taches chimiques dont on constate souvent l'apparition sur le papier et qui, elles, sont dues à la présence de chlore ou d'acide libre. Elles ne doivent pas non plus être confondues avec les taches ou les points dus à l'incrustation de débris organiques ou inorganiques (graisses, charbon, parcelles de fer, etc.). Les fragments métalliques, par exemple, aisément visibles au microscope, proviennent de l'usure de certaines pièces des appareils et, notamment, de lames des triturateurs (Arnould).

Ce sont exclusivement les dommages causés par les microorganismes que nous étudions dans ce travail.

II. — Influence de la nature du papier sur sa conservation et la fréquence de l'infection.

Il est de connaissance vulgaire que les divers papiers offrent, vis-à-vis de l'infection fongique, une résistance très inégale. On sait notamment que, dans une bibliothèque, certains volumes moisissent, alors que d'autres, de même date, restent indemnes.

Les conservateurs (1) et les éditeurs, auprès desquels nous avons fait une enquête, nous ont signalé des faits intéressants. Les livres de belle qualité et, en particulier les « purs chiffons», surveillés avec soin, nous ont-ils dit, ont relativement peu de tendance à moisir. La preuve en est que les volumes s'altèrent surtout à partir du XVIIe siècle, moment où l'industrie du papier se développant, on dut employer des succédanés.

En outre, les papiers non collés ou faiblement collés se piquent aisément.

(1) Nous avons reçu l'accueil le plus aimable à la Bibliothèque Mazarine et au Cercle de la Librairie.

Les renseignements que nous avons ainsi recueillis sont le fruit de l'observation quotidienne.

Nous avons cherché à les contrôler par des expériences. Malgré leur côté un peu théorique et artificiel, elles peuvent, en effet, apporter quelque lumière dans cette question si complexe.

Nous avons, en laissant moisir des échantillons en récipients aseptiques, avec de l'eau stérilisée (1), obtenu les résultats suivants :

1° Papiers non collés. — *a.* Les papiers (pour l'impression, par exemple) faits avec des chiffons se piquent dans la moitié des cas, environ. Ceux qui sont destinés à un usage spécial et sont très spongieux (filtre, buvard) sont attaqués dans les deux tiers des cas. Le papier à cigarettes, qui est très hygrométrique, moisit dans les quatre cinquièmes des expériences.

b. Les papiers renfermant, dans la pâte, des succédanés stérilisés (bois chimique) restent indemnes deux fois sur cinq. Ils se comportent donc sensiblement comme les papiers non collés destinés à l'impression.

c. Les vilaines qualités (bois mécanique et débris divers), telles que papier d'emballage, carton, etc. s'altèrent avec une extrême facilité.

Certains échantillons ont présenté, dans tous les cas, une abondante flore mycélienne, qui comporte souvent, outre les champignons papyricoles *(Stachybotrys, Acrostalagmus)* de nombreuses espèces vulgaires.

2° Papiers peu collés. — Les papiers « purs chiffons » (livres anciens) et ceux qui sont faits généralement avec des mélanges de chiffons et de bois chimique (papier neuf destiné à l'impression typographique, livres courants modernes), dits « quart de colle » ou « demi-colle », moisissent dans cinquante pour cent des cas environ.

Les papiers destinés à l'impression des quotidiens sont mauvais et jaunissent facilement, mais chose curieuse, ont, à l'égard de l'infection, une résistance comparable à la précédente.

3° Papiers fortement collés. — *a.* Les beaux papiers collés (pur chiffon, papier de lin, etc.) dont la fabrication a été très soignée, ne moisissent pratiquement pas.

b. Les qualités courantes (papier écolier, carnets , cahiers, papier à lettre) qui renferment généralement un mélange, en proportions

(1) Le papier ne moisit pas si l'atmosphère n'est pas suffisamment humide.

variables, de chiffons, de bois chimique et même mécanique, parfois de la paille, de l'alfa, et dont les pâtes sont lessivées et blanchies moisissent dans le quart des cas environ.

Les papiers collés uniquement en surface paraissent moins résistants à l'égard de l'humidité.

Ces chiffres montrent que :

a. En l'absence de tout encollage (abstraction faite des pâtes mécaniques ou de celles qui sont composées de déchets) ou à faible encollage, il y a relativement peu de différence entre les diverses qualités de papier. Avec un fort encollage, par contre, les «purs chiffons » ont sur les autres papiers, une supériorité marquée.

b. A qualité égale, la résistance à l'égard de l'infection fongique varie notablement avec l'encollage.

c. Cette opération joue un rôle primordial dans la conservation du papier, dont elle retarde ou empêche la moisissure.

d. Le choix des matières premières, tout en ayant une importance moindre que l'encollage, présente aussi un grand intérêt, surtout pour les belles qualités.

e. L'encollage est plus efficace « dans la pâte » « qu'en surface ».

III. — Déductions pratiques et remarques relatives à la fabrication du papier.

Peut-on tirer de ces faits des conclusions pratiques?

Nous touchons ici à des questions techniques très délicates et il faut que les moyens proposés soient applicables dans l'industrie.

Les progrès réalisés dans la fabrication sont du reste si marqués, que nous avons vu certains papiers en expérience (en boîtes de Pétri ou en tubes, avec de l'eau, par exemple) être encore aseptiques au bout de quatre ans.

Cependant bien d'autres papiers n'ont pas une pareille conservation.

Il semble rationnel d'établir les points suivants :

a. *Matériaux primitifs.* — 1° Faire usage, autant que possible, de beau matériel et, en particulier, de chiffons et les soumettre à un traitement rationnel.

2° Les chiffons étant rares et d'un prix élevé, utiliser des succédanés de bonne qualité (bois chimique, etc.) et appropriés à l'usage auquel on destine le papier (1).

(1) Arnould. — *Loc. cit.*

3° Les charges minérales, en outre, assurent certains fabricants, constituent un milieu imputrescible et augmentent ainsi la résistance à l'infection fongique. Elles sont sans action, disent d'autres, et diminuent la durée du papier.

b. *Préparation des pâtes.* — C'est la présence de matières fermentescibles ou déjà infectées qui, avons-nous dit, favorise l'altération du papier. Il faut donc :

1° Aseptiser les matières premières par un traitement chimique et un chauffage suffisamment prolongés (1).

2° Employer des celluloses aussi pures que possible, les matières incrustantes empêchant partiellement le blanchiment.

3° Bannir, pour les papiers destinés à durer, l'emploi de bois mécanique ou l'introduction, dans les pâtes, de fibres non stérilisées.

4° Bien laver les pâtes de chiffons, afin de les débarrasser des matières putrescibles et d'éliminer le chlore et l'acide.

5° Ne pas introduire dans les pâtes de vieux papiers malpropres. Enlever au moins les parties souillées (2).

6° Tenir tous les appareils et, les feutres notamment, dans un état de propreté parfaite.

7° Employer de l'eau dépourvue de matières organiques et veiller à ce que les opérations soient faites dans les meilleures conditions d'asepsie.

L'addition d'un antiseptique à la pâte n'est pas possible. Ces substances, en effet, sont inefficaces à faibles doses. En fortes quantités, elles sont souvent toxiques, sont susceptibles d'abîmer les fibres de cellulose, de modifier les matières colorantes (3) et enfin de nuire à l'encollage.

L'usage de l'eau formolée ou phéniquée, pour les opérations de manufacture, ne paraît pas non plus pratique.

En un mot, on ne connaît pas, à l'heure actuelle, de substance chimique antiseptique, dont l'emploi soit possible en papeterie.

(1) M. Fernand Moreau (Sur le blanchiment des pâtes à papier colorées par des mycéliums de champignons) a reconnu que l'hypochlorite de soude décolore en quelques minutes, les spores ou les filaments de champignons colorés (*Rhizopus nigricans, Sporodinia grandis, Ustilago segetum, Sordaria,* Fumagine, etc.). *Bull. Soc. Mycol. de France,* T. XXXIV, p. 29.

(2) Dans la pratique, on est obligé de tenir compte de la dépense supplémentaire que nécessitent le triage et le nettoyage des vieux papiers.

(3) On est, on le sait, toujours obligé d'ajouter des matières colorantes, même au papier blanc.

Le pourrissage donnait une belle cellulose, mais l'opération, faite d'ailleurs de façon empirique, n'était sans doute pas pour diminuer les chances de détérioration du papier. Elle est peut-être la cause de la piqûre des livres anciens.

c. *Pâtes préparées.* — Empêcher la moisissure des pâtes de bois en les séchant (1): s'efforcer qu'elles ne soient pas mouillées pendant leur transport.

Veiller à ce que les pâtes de chiffons ne se contaminent pas. Certains fabricants commencent maintenant à les sécher, au moins partiellement et les expédient aux usiniers qui n'en font pas eux-mêmes. La dépense occasionnée par le séchage sera compensée sans doute par la plus grande durée du papier.

Utiliser les pâtes de bois fraîches, afin que les germes n'aient pas le temps de s'y multiplier (2) et éviter leur contamination éventuelle pendant la période d'attente, souvent fort longue, qui précède la fabrication du papier. Les conserver, par conséquent, dans des locaux secs, bien aérés et ne pas les abandonner sous des hangars humides.

d. *Fabrication du papier.* — Il serait sans doute utile de stériliser à nouveau les pâtes avant leur emploi. En principe, elles ne sont pas reblanchies. Dans le cas contraire, le chlorure de chaux est toujours assez dilué et l'opération est rapide. Il faut donc reconnaître qu'à ce point de la fabrication, on ne fait plus de véritable stérilisation. Le séchage sur les cylindres, dont la durée est brève, est insuffisant à tuer les spores. La température extérieure du cylindre est d'ailleurs plus basse que la température intérieure.

On n'utilisera pas de pâtes contaminées.

L'encollage à la résine agit comme antiputride, car il n'est guère attaquable par les champignons. Il exerce, de plus, une protection mécanique. Il enrobe, en effet, et isole les fibres du papier. Il empêche ainsi l'humidité de les pénétrer et s'oppose à la propagation de l'infection.

Les volumes anciens étaient faits, on le sait, avec des papiers non collés, très hygrométriques, dits « amoureux de l'encre » et c'est sans doute une raison pour laquelle ils sont souvent piqués.

L'infection est due parfois au fait que l'encollage est défectueux.

(1) Le séchage doit être mené avec prudence ; trop violent, il altère les fibres.

(2) Cette idée est purement théorique, car c'est une nécessité pour les fabricants d'avoir des réserves de pâtes.

Ce défaut peut être causé par une eau de mauvaise qualité. Les spécialistes ont, depuis longtemps déjà, attiré l'attention sur ce point important.

Le collage à la gélatine est imperméable aux matières grasses ; mais, au bout d'un certain temps, il est détérioré par l'eau.

La gélatine se putréfie très facilement. Il faut utiliser la solution fraîche et tenir les bassins dans un état de propreté extrême. En outre, la feuille, après le bain, est abandonnée à l'air sans aucun chauffage. La dessiccation est très lente et, par conséquent, les germes atmosphériques peuvent adhérer au papier.

Il semblerait logique d'essayer de remédier à ce dernier inconvénient en opérant le séchage avec de l'air stérilisé ou filtré, mais cette idée est sans doute difficile à réaliser dans la pratique.

Le satinage et le calandrage sont utiles, car ils rendent le papier moins hygrométrique et plus lisse (1). Ces opérations diminuent par compression l'épaisseur de la feuille ; c'est la raison pour laquelle on dit communément que les papiers minces ont relativement peu de tendance à moisir.

Le jaunissement est dû à des altérations chimiques (présence de matières organiques, etc.) et son étude n'entre point dans le cadre de ce travail.

Quant aux papiers renfermant de fortes proportions de bois mécanique ou de succédanés non stérilisés, ils sont sans doute d'un faible prix de revient, mais ne sont pas destinés à durer. Il n'est donc pas intéressant, au point de vue industriel, de chercher à les conserver.

IV. — Moyens propres à empêcher la moisissure du papier terminé.

L'humidité permet le développement des germes préexistant dans le papier et favorise les infections nouvelles. Le papier récemment manufacturé doit donc être conservé dans des locaux secs et bien aérés.

Nous avons cherché à le stériliser ou, au moins, à le rendre impropre à moisir en lui faisant subir des *bains antiseptiques*.

La technique est simple. On pèse une feuille de papier, après

(1) Les surfaces lisses retiennent moins les poussières que les surfaces rugueuses On sait notamment que le cylindrage rend le linge moins salissant.

l'avoir mesurée, puis on l'immerge dans la solution bactéricide choisie, pendant un temps donné. On l'égoutte en milieu stérile, puis on la pèse à nouveau.

La différence de poids donne la quantité de solution antiseptique restée dans le papier. On découpe alors ce dernier en rectangles de 10 centimètres sur 2, que l'on place aseptiquement dans des tubes étranglés avec 1 ou 2 centimètres d'eau stérile (1), et que l'on ensemence.

On examine régulièrement le semis pour voir s'il se développe. Si oui, l'antiseptique a été inefficace. Si non, on fait, au bout d'une quinzaine de jours, des tubes de contrôle par repiquage sur bouillon de carotte (il faut employer pour cette opération un milieu liquide, car on a l'avantage de diluer ainsi au maximum la quantité d'antiseptique que le fil de platine a pu emporter en même temps que les spores).

Si les nouveaux tubes poussent, l'antiseptique a arrêté le développement des moisissures, mais n'a pas stérilisé le semis. Si, au contraire, ils restent stériles, l'antiseptique a tué les germes.

Nous avons complété cette étude en immergeant des papiers nettement contaminés dans des solutions antiseptiques. Au bout d'un certain nombre d'heures, les colonies étaient repiquées. Il était ainsi facile de noter le temps et la dose nécessaires à la stérilisation de l'échantillon.

Il importe de remarquer que toutes ces expériences n'ont pas une valeur absolue, car la pénétration de l'antiseptique dépend de la perméabilité du papier. Il est certain qu'un buvard, par exemple, absorbe plus vite la solution qu'un papier fortement collé. Nous avons donc pris des types moyens (papiers de bonne qualité destinés à l'impression, etc.).

Nous avons employé des solutions aqueuses de fluorure de sodium, de formol, de sublimé et d'oxycyanure de mercure.

1° Fluorure de sodium. — Temps de l'immersion, deux heures.

Cette substance a été inactive. Elle retarde un peu le développement du semis, mais dans la majorité des cas, elle ne le tue pas. Une durée plus longue de l'opération n'a guère augmenté son efficacité.

(1) Il ne faut pas utiliser de tubes ordinaires, car le papier tremperait dans l'eau et l'antiseptique se dissoudrait dans le liquide.

2° Formaldéhyde.

Solution employée	Eau stérile.....	500 gr.
	Solution de formaldéhyde du commerce.	4 gr.

Dimensions du papier	40 cent. sur 10 (1)
Poids avant l'immersion	4 gr. 80
Poids après l'immersion	5 gr. 47

Le liquide a une action antiseptique nette, à la condition de prolonger l'opération pendant longtemps (jusqu'à 40 heures).

Les tubes ont été ensemencés avec les principales espèces papyricoles (*Alternaria polymorpha*, *Aspergillus sulphureus* Desm., *Chætomium bostrychodes*, *Cladosporium herbarum*, *Fusarium* sp. N° 2, *Spicaria elegans*, var. *flava*, *Stachybotrys atra*, *Torula chartarum*, etc.). Les semis ne poussent pas et les tubes de contrôle restent vierges de toute culture.

Les papiers contaminés (2), immergés dans cette solution, ont aussi été stérilisés.

3° Sublimé.

Solution utilisée	Eau stérile	900 grammes
	Alcool à 95°	100 —
	Bichlorure de mercure..	1 —

Dimensions du papier	40 cent. sur 10
Poids avant l'immersion	4 gr. 66
Poids après l'immersion	8 gr. 70

L'effet obtenu est supérieur à celui que donne la formaldéhyde, car il suffit d'un bain de deux à quatre heures pour rendre la bande de papier absolument imputrescible.

Tous les tubes de contrôle, sur bouillon de carotte, sont restés stériles.

La dose approximative de sublimé absorbé par la bande de papier est de 4 milligrammes.

Des échantillons contaminés (avec des *Chætomium*, par exemple) ont aussi été plongés dans la solution bactéricide : les repiquages ont démontré que les champignons étaient tués.

(1) Soit une surface suffisante pour découper vingt bandes rectangulaires de 10 cm. sur 2.

(2) Il va sans dire que nous vérifions d'abord la vitalité des champignons qui végètent sur ces papiers.

4° Oxycyanure de mercure. — Liquide employé : Solution aqueuse d'oxycyanure au millième.

Dimensions du papier	40 cent. sur 10
Poids avant l'immersion	4 gr. 50
Poids après l'immersion	8 gr. 10

Les résultats sont nettement inférieurs à ceux du sublimé. Après un temps de trempe égal au précédent, les semis n'ont pas poussé, il est vrai, mais certains d'entre eux ont résisté à l'antiseptique. Les tubes de contrôle, en effet, ont donné des résultats positifs avec l'*Acrostalagmus* et le *Chætomium*.

Les moisissures, sous l'influence de cet antiseptique, voient, par conséquent, leur développement arrêté, mais elles ne sont pas infailliblement tuées.

On possède donc un moyen de stériliser les papiers et de les rendre imputrescibles. On sait d'ailleurs que l'on peut nettoyer, à l'eau de Javel étendue, les gravures anciennes tachées, à la condition de les laver soigneusement, après cette opération, à l'eau courante.

L'immersion des papiers dans une solution antiseptique toutefois, rationnelle au point de vue théorique, ne semble cependant point applicable à la pratique. Elle rend, en effet, les papiers rugueux et, prolongée un certain nombre d'heures, elle en provoque des altérations assez profondes.

Enfin, si l'on en croit le dire des techniciens, le résultat ne serait que passager, car l'antiseptique s'éliminerait progressivement du papier.

V. — Procédés destinés à éviter ou à enrayer la piqûre des livres.

Le problème, d'ordre essentiellement pratique, consiste, tant à empêcher les livres intacts de moisir, qu'à enrayer l'altération des volumes déjà piqués.

Nous croyons que l'on peut le résoudre, d'abord par une série de précautions, bien connues des conservateurs, précautions dont l'ensemble constitue ce qu'on peut appeler « l'hygiène du livre », et ensuite par l'emploi de vapeurs antiseptiques.

1. Hygiène du livre et des bibliothèques. — Il faut, avant tout, éviter l'humidité. Le local, choisi parmi les plus clairs, sera donc chauffé et ventilé. Les livres seront nettoyés et aérés

régulièrement, car on sait qu'ils moisissent surtout quand on les laisse longtemps fermés. Ils seront, au besoin, séchés de temps à autre, par une chaleur modérée (1).

Les rayons devront être fabriqués avec du bois parfaitement sain; ils seront peints et vernis. Ceux qui sont abîmés devront être détruits (2).

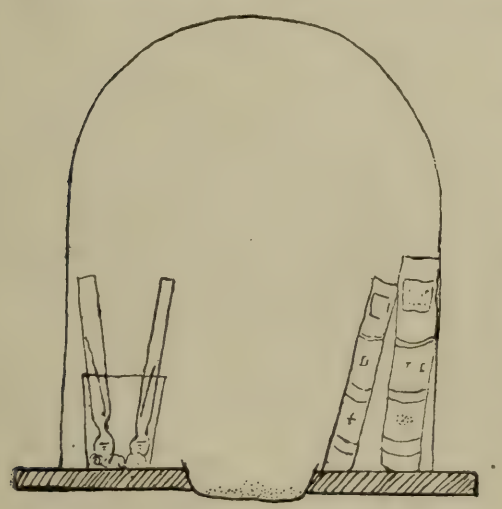
2. Vapeurs antiseptiques. — Ces mesures peuvent sans doute préserver des livres intacts, mais elles ne suffisent pas à enrayer la piqûre si elle a déjà commencé. Les antiseptiques, sous forme de vapeurs, tuent le mycélium et les spores. Ils ont donc une valeur à la fois préventive et curative et devraient, à notre avis, être appliqués, plusieurs fois par année, au traitement des livres.

Le choix de la vapeur antiseptique est assez difficile. L'emploi du chlore et celui de l'anhydride sulfureux sont contre-indiqués, car ils attaquent les matières organiques et décolorent les reliures.

Nos essais ont d'abord porté sur des liquides volatils, capables d'émettre des vapeurs à froid, tels que la *créosote*, le *sulfure de carbone* et le *chloroforme*. Nous n'y insistons pas, l'effet obtenu ayant été à peu près nul.

Le développement des cultures sur papier, en effet, a été momentanément entravé ; mais, bien que le contact avec les vapeurs ait été dans certains cas prolongé fort longtemps (plusieurs jours), il a repris dès le moment où les tubes ont été retirés de l'appareil.

L'*aldéhyde formique*, dont l'action destructive vis-à-vis des bactéries est bien connue, nous a donné, par contre, de bons résultats.



Technique. — Nous avons placé, dans une caisse ou une cloche hermétiquement close, les tubes, les papiers et les livres à désinfecter, puis fait arriver l'aldéhyde formique gazeuse, provenant de la décomposition du trioxyméthylène.

Le dispositif le plus pratique

(1) M. Marsoulan. (*Le Papier*, 1909, p. 145) a préconisé, pour désinfecter les livres en cas de maladies contagieuses, une batteuse avec aspiration des poussières par le vide, puis le chauffage dans une étuve à 75°.

(2) Z. Graesel. —*Manuel du bibliothécaire* (traduit de l'allemand). Un vol., Paris 1897.

consiste à chauffer ce composé dans l'appareil même, au moyen d'une plaque électrique. Si l'on chauffe à la flamme, il faut volatiliser le trioxyméthylène le plus près possible du récipient renfermant les objets à stériliser ; on réduit ainsi au minimum la sublimation.

Nos expériences ont porté sur :

1° Des tubes de papier sec, récemment ensemencés. Ils étaient, après la désinfection, additionnés d'eau stérile, puis examinés quelques jours plus tard et, au besoin, repiqués sur bouillon de carotte. Nous pouvions ainsi voir si l'antiseptique arrêtait la croissance des champignons ou même s'il était assez actif pour les tuer.

2° Des cultures récentes et bien développées sur papier humide.

3° Des cultures anciennes sur papier et plus ou moins desséchées.

4° Des papiers moisis, portant des colonies diverses.

5° Des livres piqués.

Nous nous assurions que les tubes anciens, les vieux papiers et les volumes possédaient des spores ou du mycélium vivants. Ils étaient ensuite soumis à l'action de l'aldéhyde formique, puis les colonies étaient repiquées sur carotte. Nous pouvions ainsi juger du pouvoir désinfectant du produit.

Temps. — Après quelques essais, nous avons constaté que, pour une quantité de trioxyméthylène donnée, l'effet n'est pas meilleur quand on laisse longtemps les objets en contact avec l'antiseptique. Une durée de 24 heures nous semble suffisante.

Doses. — Les champignons papyricoles, qui sont cutinisés dans la majorité des cas, sont résistants à l'action de l'aldéhyde formique. Il faut donc employer des doses notablement supérieures à celles que l'on utilise pour les bactéries. Nous estimons qu'il est nécessaire, pour stériliser les tubes, livres, etc. contenus dans un récipient mesurant 0 m. c. 10, de décomposer 1 gramme environ de trioxyméthylène.

Les résultats sont alors satisfaisants ; car, comme le prouvent les tentatives de réensemencement sur les tubes de contrôle, toutes les colonies sont tuées.

Pénétration. — L'aldéhyde formique, toutefois, avons-nous constaté, ne traverse pas les bouchons d'ouate. Elle n'atteint pas non plus l'intérieur des livres fermés.

Il est nécessaire, pour que la stérilisation soit complète, de laisser les tubes ouverts et de maintenir écartées les pages des volumes.

La formaldéhyde n'a donc pas de pénétration.

Les hygiénistes expriment ce fait en disant qu'elle est un désinfectant de surface. « Alors même, disent MM. Netter et Bourges (1), « que l'on chasse l'air de la profondeur des objets à désinfecter, « il est extrêmement difficile de les faire pénétrer par des gaz et « l'aldéhyde formique ne fait pas exception à cette règle. »

Conclusions. — Il faut retirer les volumes de la bibliothèque et les ouvrir avant de les soumettre à la stérilisation. On ne peut songer à désinfecter des livres qui restent fermés sur les rayons.

L'usage des formolisateurs à froid est aussi inefficace.

Ces réserves faites, la formaldéhyde présente de nombreux avantages :

1° Elle permet de désinfecter simultanément un grand nombre de livres.

2° Elle agit rapidement.

3° Elle ne détériore ni les volumes, ni les reliures et laisse les couleurs intactes.

4° Elle n'est pas toxique.

5° Elle est d'un emploi simple et pratique. Elle est enfin peu coûteuse, ce qui permet de répandre son emploi.

(1) Proust. — *Traité d'Hygiène.* Revu par A. Netter et H. Bourges, p. 490.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES

1° Les taches du papier piqué, qui jusqu'alors étaient attribuées à des insectes, sont le fait de champignons inférieurs.

2° Ces champignons sécrètent souvent un pigment diffusible. La tache est alors formée d'un centre, qui est le mycélium, et d'une partie périphérique, que constituent les fibres du papier colorées par les sécrétions fongiques. La zone pigmentée, de teinte et de forme variables, est souvent visible sur les deux faces du papier. La matière colorante peut même, si la diffusion est marquée, traverser successivement plusieurs pages d'un livre.

3° Ces champignons détruisent, en outre, partiellement, les fibres du papier et en provoquent parfois la perforation. On doit les considérer comme les agents de véritables maladies du papier.

4° L'infection, selon les cas, est primitive et provient des matières premières non stérilisées introduites dans les pâtes, ou secondaire, et gagne alors les pâtes en attente, ou le papier fabriqué depuis un temps plus ou moins long.

5° Les états, sous lesquels les moisissures végètent dans le papier, diffèrent avec les espèces. On trouve des formes parfaites (*Chætomium*, *Myxotrichum*, etc.), des formes filamenteuses fertiles *(Stachybotrys*, *Aspergillus)* ou stériles *(Fusarium)* et des formes fumagoïdes *(Alternaria*, *Stemphylium)*.

6° La durée de vie de ces organismes varie aussi avec les espèces. Pour certaines d'entre elles, elle atteint plusieurs années.

7° Les champignons qui poussent sur les papiers, soit spontanément (livres piqués), soit au cours d'expériences (papiers placés dans des récipients bien clos et aseptiques), sont représentés par un petit nombre de genres et d'espèces. Ils méritent donc la dénomination de « papyricoles » et constituent une florule particulière à ce milieu très spécial qu'est le papier. Nous les avons isolés et en avons fait une étude botanique aussi complète que possible.

8° Les dommages (taches, perforations, etc.) que l'on observe sur les vieux livres peuvent être reproduits artificiellement, avec tous leurs caractères (forme végétative du champignon, couleur et étendue de la zone pigmentée, etc.), par culture systématique de moisissures papyricoles sur papier stérilisé.

9° Les pigments diffusibles, étudiés après développement des champignons en tubes Borrel, présentent tous des teintes jaunâtres, rougeâtres ou brunâtres. Ils ne sont pas modifiés par les acides et les alcalis et ne doivent donc pas être rapprochés des anthocyanines.

10° Examinés au spectroscope, ils ont tous, question d'intensité mise à part, les mêmes caractères (spectre unilatéral, absence de raies).

11° Ils exercent une action tinctoriale nette sur les fibres du papier.

12° L'un d'entre eux, celui du *Fusarium* sp. N° 2, se fixe en partie sur le mycélium qui l'a sécrété et qui se colore ainsi par autoimprégnation.

13° Les remèdes qu'il faut opposer à l'altération des papiers sont préventifs ou curatifs.

14° Les soins apportés à la fabrication, le choix judicieux des matières premières, leur stérilisation par les substances chimiques et la chaleur, le séchage des pâtes et au besoin une nouvelle stérilisation avant leur transformation en papier, un encollage bien fait dans la pâte, semblent constituer les meilleurs moyens de conservation. Le satinage et le calandrage sont aussi à conseiller.

15° L'immersion dans des solutions antiseptiques rend, au moins pour un certain temps, les papiers imputrescibles, mais ne semble pas d'un emploi pratique.

16° Les livres doivent être fréquemment nettoyés, aérés et séchés, la stagnation des poussières et l'humidité étant les deux facteurs de leur détérioration. Les rayons des bibliothèques seront bien entretenus, les moisissures du bois pouvant contaminer le papier.

17° Les fumigations d'aldéhyde formique, grâce à leur action stérilisante, empêchent ou arrêtent la piqûre des volumes. Elles ne sont ni corrosives, ni toxiques. On devrait donc généraliser leur emploi.

TABLE DES MATIÈRES

Première partie.

Pages

Introduction. — Historique. — Généralités. 1

CHAPITRE I. — Nomenclature des champignons signalés comme papyricoles. — Etude critique. 4

CHAPITRE II. — Techniques 12
Généralités 12
Matériel 13
Récolte, culture, mode d'étude des espèces 15

CHAPITRE III. — Genres et espèces isolés 17

CHAPITRE IV. — Origine des moisissures. Leurs formes végétatives et leur fréquence relative dans les fibres du papier 18

CHAPITRE V. — Etude botanique des champignons papyricoles 22
I. — *Chætomium* 22
II. — *Myxotrichum* 25
III. — *Eidamella* 28
IV. — *Aspergillus* 29
V. — *Acrostalagmus* 32
VI. — *Spicaria* 33
VII. — *Cephalothecium* 38
VIII. — *Torula* 39
IX. — *Stachybotrys* 42
X. — *Dematium* 47
XI. — *Cladosporium* 48
XII. — *Stemphylium* 54
XIII. — *Alternaria* 67
XIV. — *Stysanus* 83
XV. — *Fusarium* 92
XVI. — *Nocardia* 97

Deuxième partie.

CHAPITRE I. — *Dégâts causés par les champignons spontanément développés dans le papier* 99
I. — Action destructive des moisissures. Perforation du papier 99

Pages.

II. — Taches. Etendue, forme, coloration.... 100
Aspect du champignon dans les taches.. 103
Pigmentation des fibres du papier..... 106

CHAPITRE II. — Reproduction artificielle des altérations par les cultures des champignons sur papier..... 108
Technique des cultures sur papier..... 109
Résultats obtenus. *a.* Destruction partielle du papier. *b.* Taches. Pigmentation 110
Comparaison entre les taches spontanées et les taches artificiellement provoquées 110
Durée de la vie du champignon dans le papier 119

CHAPITRE III. — Etude du pigment 120
Teinte du pigment. Action des acides et des alcalis 121
Examen spectroscopique 126

Troisième partie.

Traitement préventif et curatif de l'altération des papiers.

CHAPITRE I. — Historique 127

CHAPITRE II. — Fabrication du papier 132

CHAPITRE III. — I. — Origine de la contamination... 141
II. — Relations entre la nature du papier et la fréquence de l'infection 144
III. — Déductions pratiques. Remarques sur la fabrication du papier 146
IV. — Essai de moyens propres à empêcher la moisissure des papiers terminés 149
V. — Traitement préventif et curatif de la piqûre des livres dans les bibliothèques. Soins et fumigations antiseptiques... 152

Conclusions 156

Explication des planches.... 161

NOTES EXPLICATIVES DES PLANCHES

PLANCHE I

Fig. 1. — *Myxotrichum chartarum*, poils ornementaux ;
Fig. 2. — Ascospores ;
Fig. 3. — *Spicaria elegans*, var. *flava*. Mycélium, ramifications fructifères et spores ;
Fig. 4. — Chapelet ramifié ;
Fig. 5. — Disposition générale du mycélium ;
Fig. 6. — Verticilles de phialides ;
Fig. 7. — Chlamydospores avec bec ;
Fig. 8. — Chlamydospore arrondie ;
Fig. 9 à 12. — *Aspergillus brunneofuscus* et spores échinulées.

Grossissements : Fig. 2 = 1.250 diam.
Fig. 3 à 8 = 880 diam.
Fig. 1, 9 à 12 = 320 diam.

PLANCHE II

Fig. 1 et 5. — *Torula chartarum*, éléments toruleux isolés ou groupés en petit nombre ;
Fig. 2 à 4, 6 à 12, Mycélium et chapelets ;
Fig. 8. — Grosses cellules cloisonnées.

Grossissement : = 864 diam.

PLANCHE III

Fig. 1 à 5. — *Torula chartarum*, mycélium et chapelets ;
Fig. 6 à 10. — Grosses cellules cloisonnées.

Grossissement : = 864 diam.

PLANCHE IV

Microphotographie. *Stachybotrys atra* forme corémiée.

Fig. 1, 2. — *Stachybotrys atra*, aspect général des filaments rampants et des conidiophores ;

Fig. 3, 4. — Conidiophores, phialides, spores ;

Fig. 5. — Phialides ;

Fig. 6. — Spores vieilles et échinulées ;

Fig. 7. — Un conidiophore isolé ;

Fig. 8 à 11. — Germination des spores ;

Fig. 12. — Mycélium immergé à sa partie inférieure, aérien à sa partie supérieure ;

Fig. 13. — Grosse chlamydospore avec paroi cutinisée ;

Fig. 14. — Mycélium immergé avec chlamydospores.

Grossissements : Fig. 1, 2 = 200 diam.
Fig. 3, 4, 6, 7, 12 à 14 = 864 diam.
Fig. 5, 8 à 11 = 550 diam.

PLANCHE V

Fig. 1. — *Cladosporium herbarum*, schéma ;

Fig. 2. — Aspect général ;

Fig. 3. — Mycélium avec fausses spores ;

Fig. 4. — Fragment mycélien ;

Fig. 5 à 9. — Spores et mycélium en place et se désarticulant ;

Fig. 10. — Polymorphisme des spores ;

Fig. 11. — Germination d'une spore ;

Fig. 12. — Formes intermédiaires au mycélium et aux spores ;

Fig. 13. — Mycélium anguleux et désarticulation ;

Fig. 14. — Mycélium et fausses spores. Stade assez jeune.

Grossissements : Fig. 2, 4 = 320 diam.
Fig. 3, 5 à 14 = 864 diam.

PLANCHE VI

Fig. 1. — *Stemphylium macrosporoideum.* Aspect général ;
Fig. 2 à 5. — Mycélium et spores ;
Fig. 6. — Spore jeune ;
Fig. 7, 8. — *Stemphylium botryosum,* inflorescence en cyme unipare hélicoïde. Conidiophores ;
Fig. 9 à 11. — Spores ;
Fig. 12. — Conidiophores ;
Fig. 13. — Forme immergée bourgeonnante ;
Fig. 14. — *Stemphylium botryosum,* forme corémiée. Mycélium corémié ;
Fig. 15 à 18. — Spores ;
Fig. 19. — Spore atypique.

Grossissements : Fig. 2 à 6 = 880 diam.
Fig. 7 à 19 = 560 diam.

PLANCHE VII

Fig. 1. — *Stemphylium piriforme,* aspect général ;
Fig. 2, 3. — Inflorescence en cyme scorpioïde ;
Fig. 4. — Spores ;
Fig. 5. — Forme alternarioïde ;
Fig. 6. — Début de germination ;
Fig. 7. — Mycélium corémié ;
Fig. 8 et 11. — *Stemphylium verruculosum,* mode d'inflorescence ;
Fig. 9. — Spores lisses ;
Fig. 10, 12, 13, 15 et 16. — Spores avec verrues ;
Fig. 14. — Conidiophore avec chlamydospore ;
Fig. 17. — Conidiophores verruqueux.

Grossissement : = 864 diam. (sauf fig. 1).

PLANCHE VIII

Fig. 1, 4. — *Stemphylium graminis*, conidiophores et spores à divers stades de développement ;

Fig. 2, 8 à 10. — Formes de passage du mycélium ordinaire au mycélium durable et aux spores ;

Fig. 3. — Spore isolée ;

Fig. 5. — Spores rappelant les formes fumagoïdes ;

Fig. 6. — *a*. Spores jeunes, *b*. Mycélium alternarioïde ;

Fig. 7. — Fragment de filament moniliforme ;

Fig. 11. — Masse fumagoïde.

Grossissement : = 864 diam.

PLANCHE IX

Fig. 1, 2. — *Alternaria polymorpha*, aspect général ;

Fig. 3, 5. — Chapelet de spores ;

Fig. 4. — Chapelet bifurqué ;

Fig. 6. — Spores germant ;

Fig. 7 à 12. — Stades divers de la formation des pycnides.

Grossissements : Fig. 1, 2 = 200 diam.
Fig. 3 à 6 = 864 diam.
Fig. 7 à 12 = 320 diam.

PLANCHE X

Fig. 1. — *Alternaria polymorpha*, pycnides et stylospores ;
Fig. 2. — Pycnides en file d'*Alternaria* ;
Fig. 3. — Pycnide à trois ostioles ;
Fig. 4. — Stylospores et leur germination ;
Fig. 5 à 7. — Formes monstrueuses produites par la germination des stylospores en cellule van Tieghem.

Grossissements : Fig. 1 à 3 = 320 diam.
Fig. 4 à 7 = 864 diam.

PLANCHE XI

Fig. 1, 2. — *Alternaria polymorpha*, formes monstrueuses provenant de la germination des stylospores en cellule van Tieghem ;
Fig. 3 à 6. — Stylospores germant et reproduisant des formes alternarioïdes ou de grandes spores d'*Alternaria* ;
Fig. 7 à 9. — Germination de stylospores comprises dans un faux massif cellulaire.

Grossissement : = 864 diam.

PLANCHE XII

Fig. 1, 2,4. — *Alternaria chartarum*, conidiophores et chapelets ;
Fig. 3. — Spore isolée ;
Fig. 5, 10, 11. — *Alternaria varians*. Spores d'aspect fumagoïde ;
Fig. 6 à 9, 12 à 15. — Spores ;
Fig. 16. — Passage entre spores et mycélium ;
Fig. 17. — Formes fumagoïdes.

Grossissement : = 864 diam.

PLANCHE XIII

Fig. 1 à 7. — *Alternaria humicola*. Mycélium et spores, culture sur carotte.

Culture sur papier, jeune
- Fig. 8. — Spore fortement cutinisée ;
- Fig. 9. — Mycélium. Début de file. Éléments fumagoïdes.
- Fig. 10. — File perpendiculaire ;
- Fig. 11. — Mycélium avec éléments arrondis ;

Champignon poussé spontanément sur papier
- Fig. 12. — Spore isolée semblable à celle de la fig. 8 ;
- Fig. 13. — Spores insérées perpendiculairement ;
- Fig. 14. — Spore donnant un filament d'aspect fumagoïde ;
- Fig. 15, 16. — Spore d'aspect fumagoïde ;
- Fig. 17. — File d'*Alternaria*.

Grossissement : = 864 diam.

PLANCHE XIV

Fig. 1. — *Stysanus*, aspect général ;
Fig. 2. — Conidiophores et spores ;
Fig. 3, 4. — Formation du corémium dressé ;
Fig. 5. — Germination des spores ;
Fig. 6. — Partie inférieure du corémium avec filaments convergents et rhizoïdes ;
Fig. 7, 8. — Rhizoïdes ; partie supérieure.
Fig. 9. — Rhizoïde ; extrémité inférieure.

Grossissement : = 864 diam. (sauf fig. 1).

PLANCHE XV

Fig. 1. — *Stysanus*. Partie immergée ;
Fig. 2. — Coalescence de filaments aériens (schéma) ;
Fig. 3. — Conidiophores en milieu très humide ;
Fig. 4. — Chlamydospores ;
Fig. 5. — Culture sur bouillon de bois ;
Fig. 6 à 10. — Inflorescences anormales ;
Fig. 11 à 15. — *Fusarium sp.* N° 2, formes toruleuses ;
Fig. 16, 17. — Anastomose entre deux filaments toruleux.

Grossissement : = 864 diam. (schéma excepté).

PLANCHE XVI

Photogravure reproduisant des taches sur papier	Fig. 1. — *Stemphylium macrosporoideum.* Fig. 2. — *Cladosporium herbarum.* Fig. 3. — *Alternaria chartarum.* Fig. 4. — *Stachybotrys atra.* Fig. 5. — *Stemphylium piriforme.* Fig. 6. — *Alternaria polymorpha.*

Grossissement : = 45 diam. environ.

PLANCHE XVII

Planche coloriée reproduisant des taches sur papier	Fig. 1. — *Chætomium bostrychodes.* Fig. 2. — *Aspergillus sulphureus,* Desm. Fig. 3. — *Cephalothecium roseum,* var. β Matr. Fig. 4. — *Spicaria elegans,* var. *flava.* Fig. 5. — *Acrostalagmus cinnabarinus* Fig. 6 à 9. — *Fusarium sp.* N° 2.

Grossissement : = 35 diam. environ.

Paris. — Imp. Levé, 17, rue Cassette.

Planche I

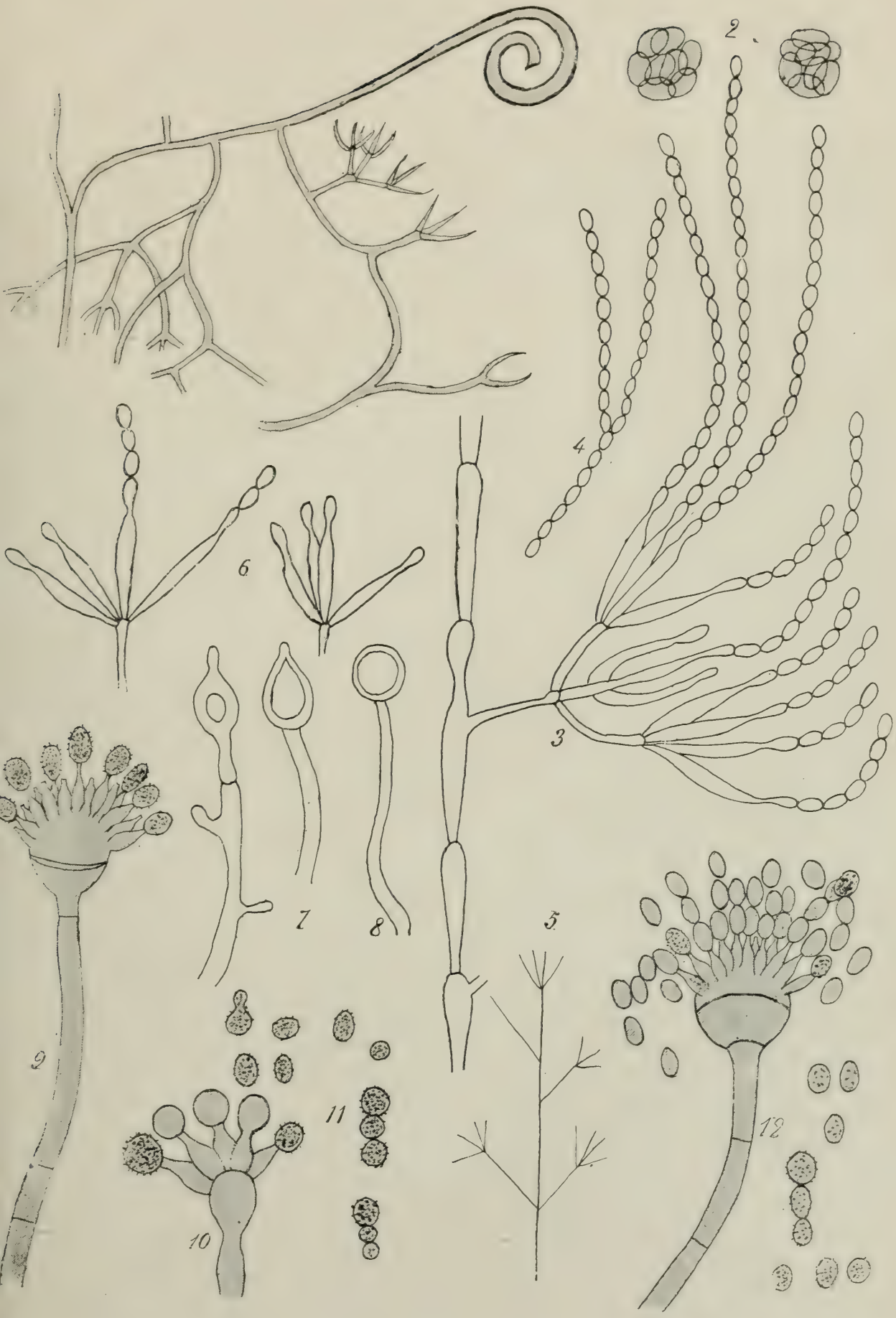


Planche II

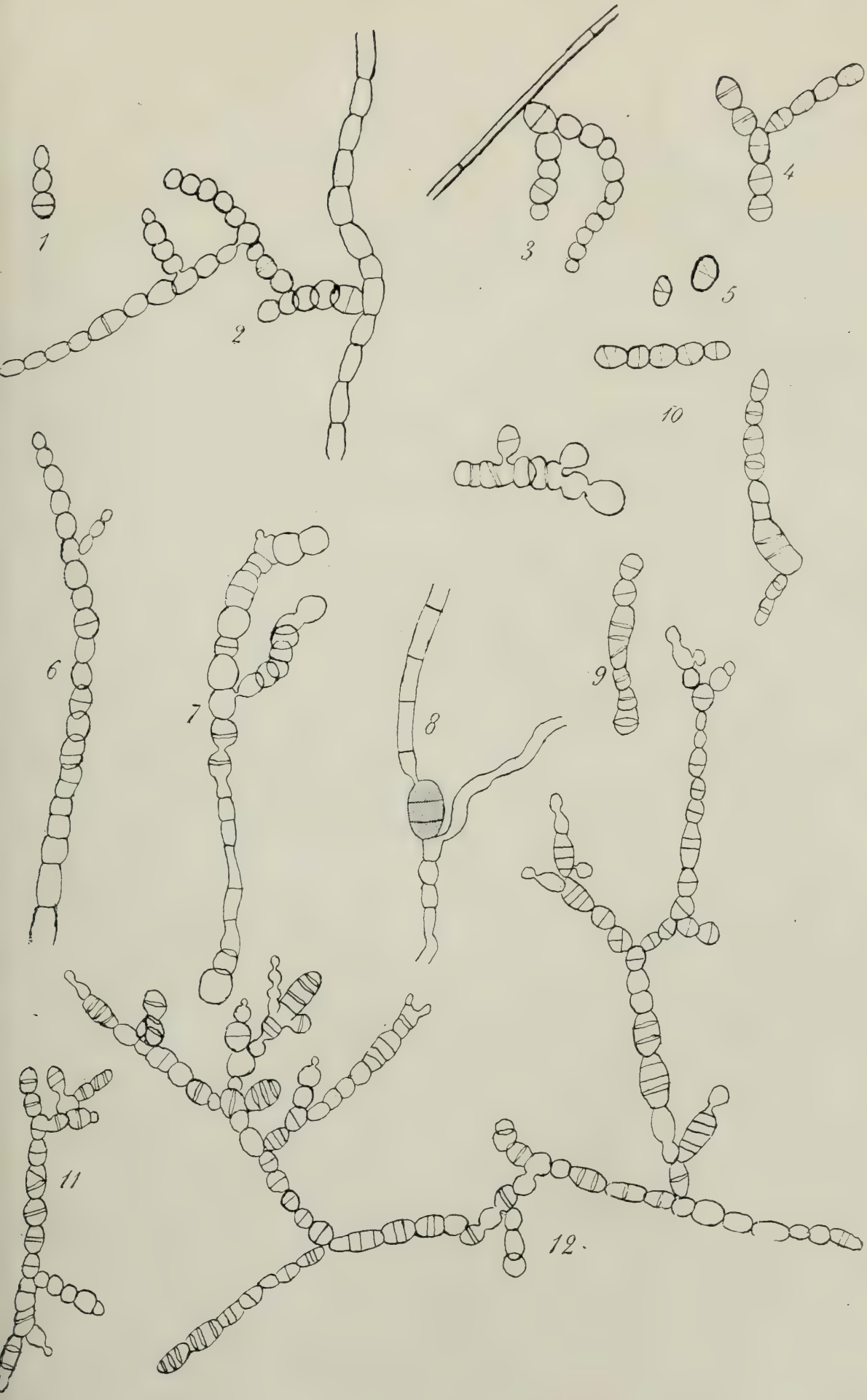
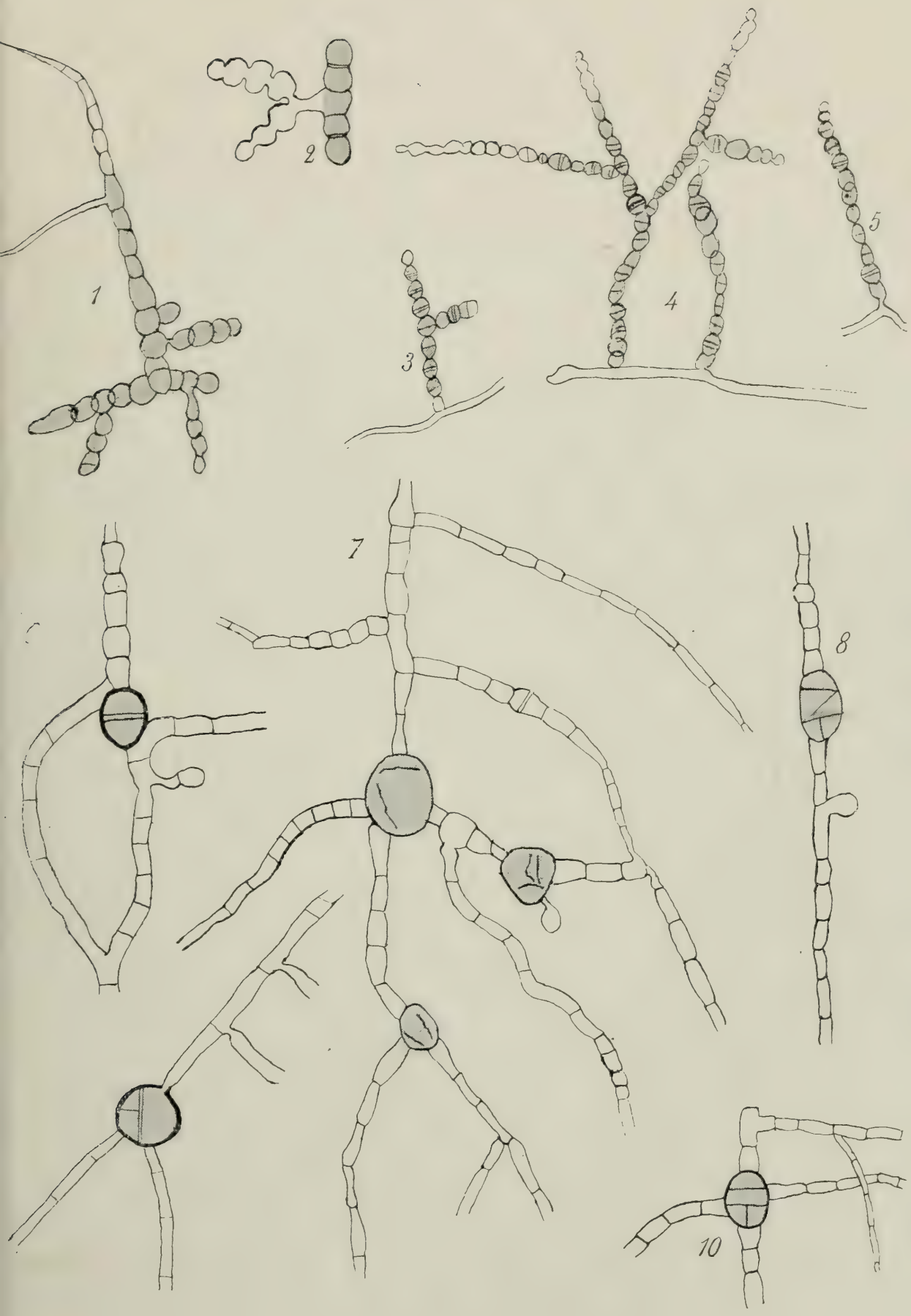
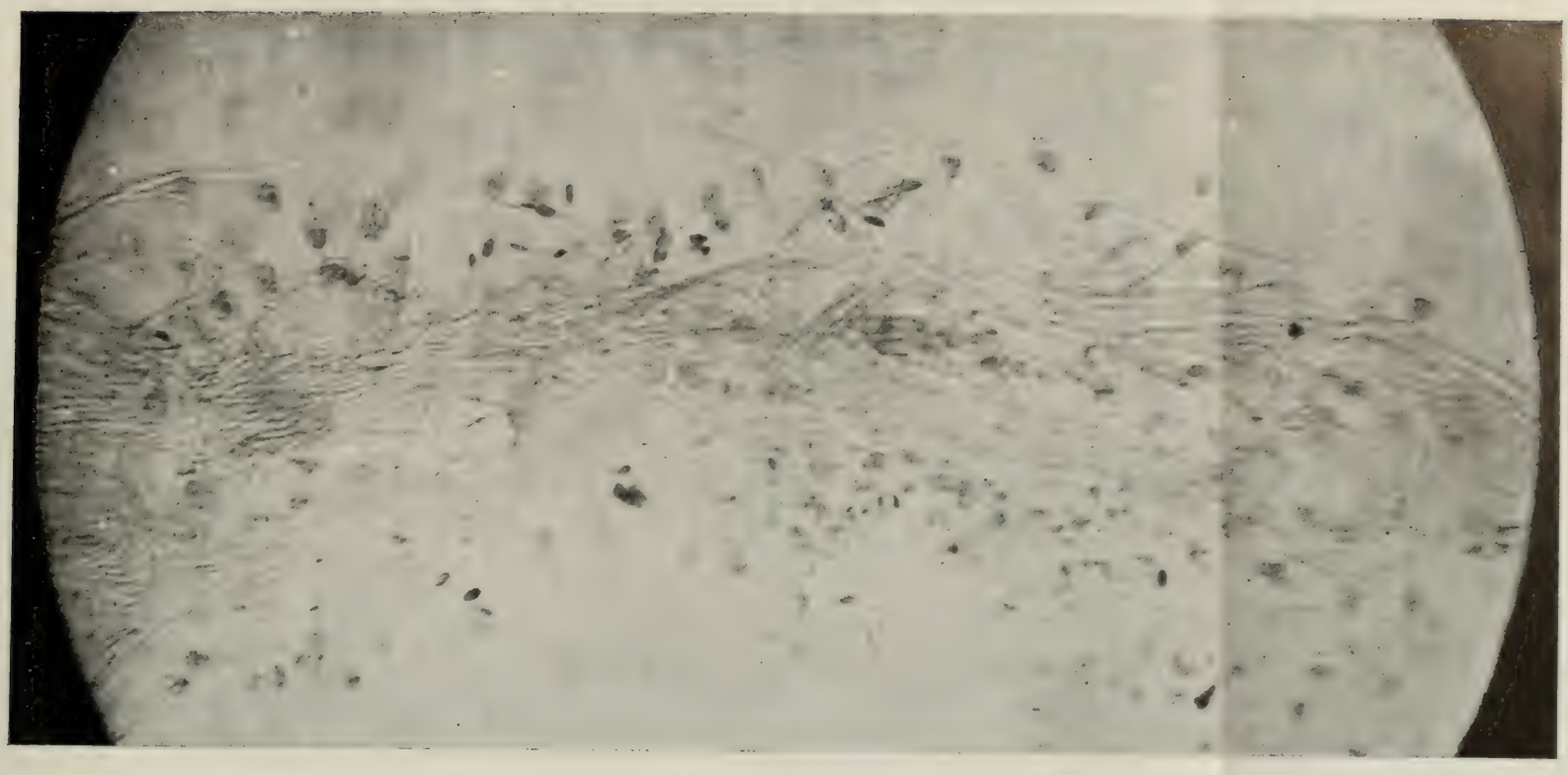


Planche III





1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14

PLANCHE V

Planche VI

PLANCHE VII

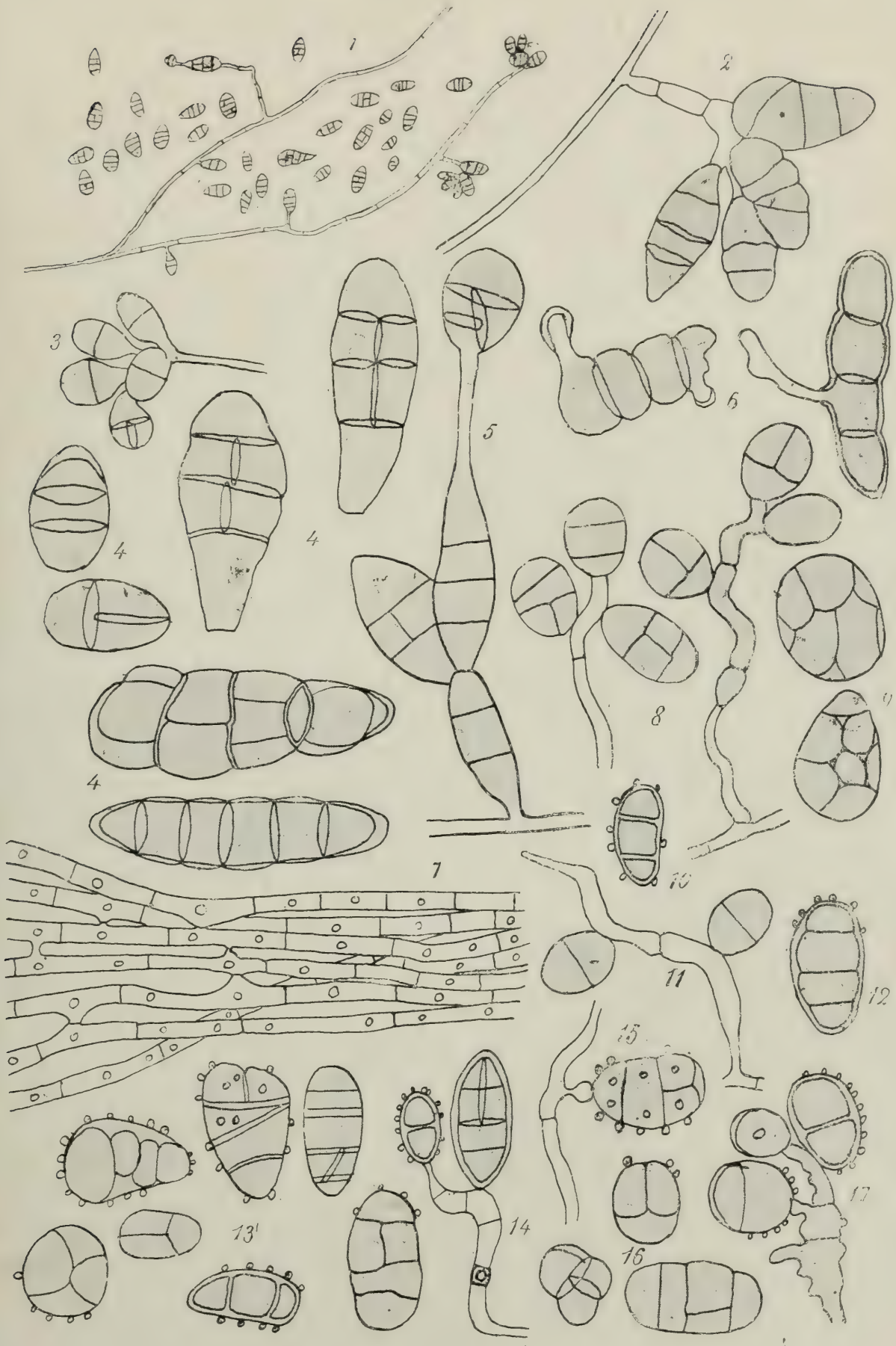


Planche VIII

Planche IX

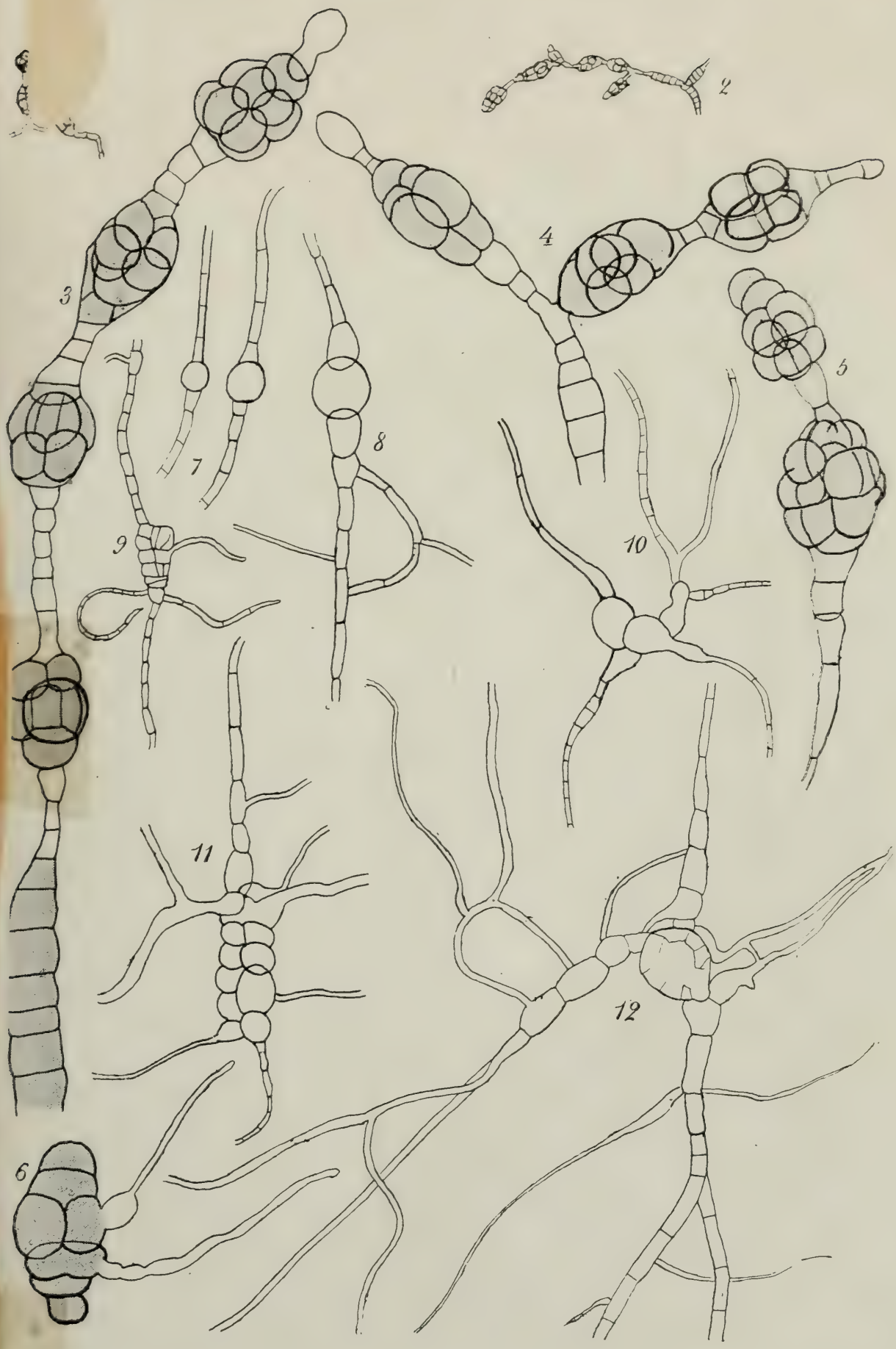


PLANCHE X

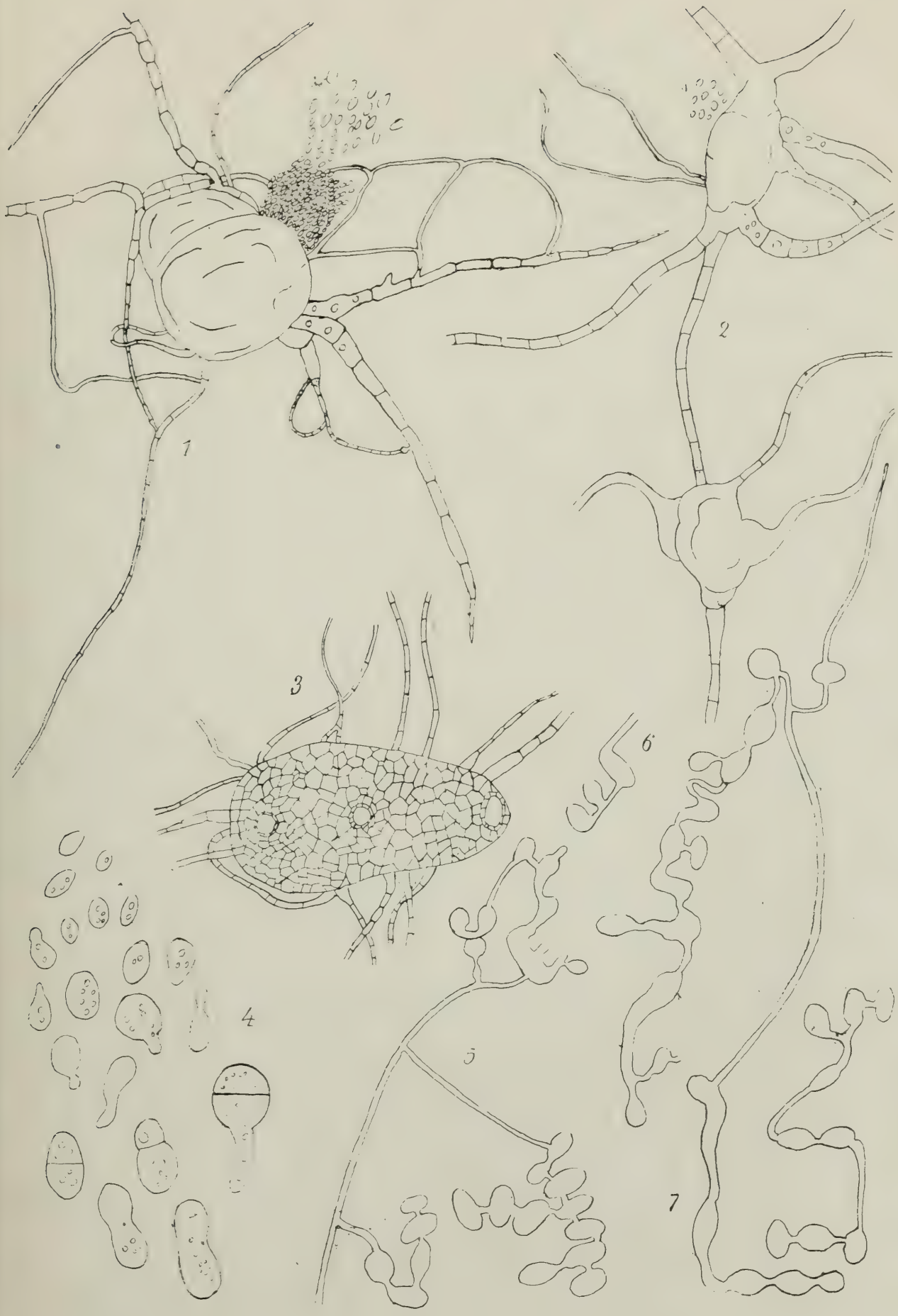


Planche XI

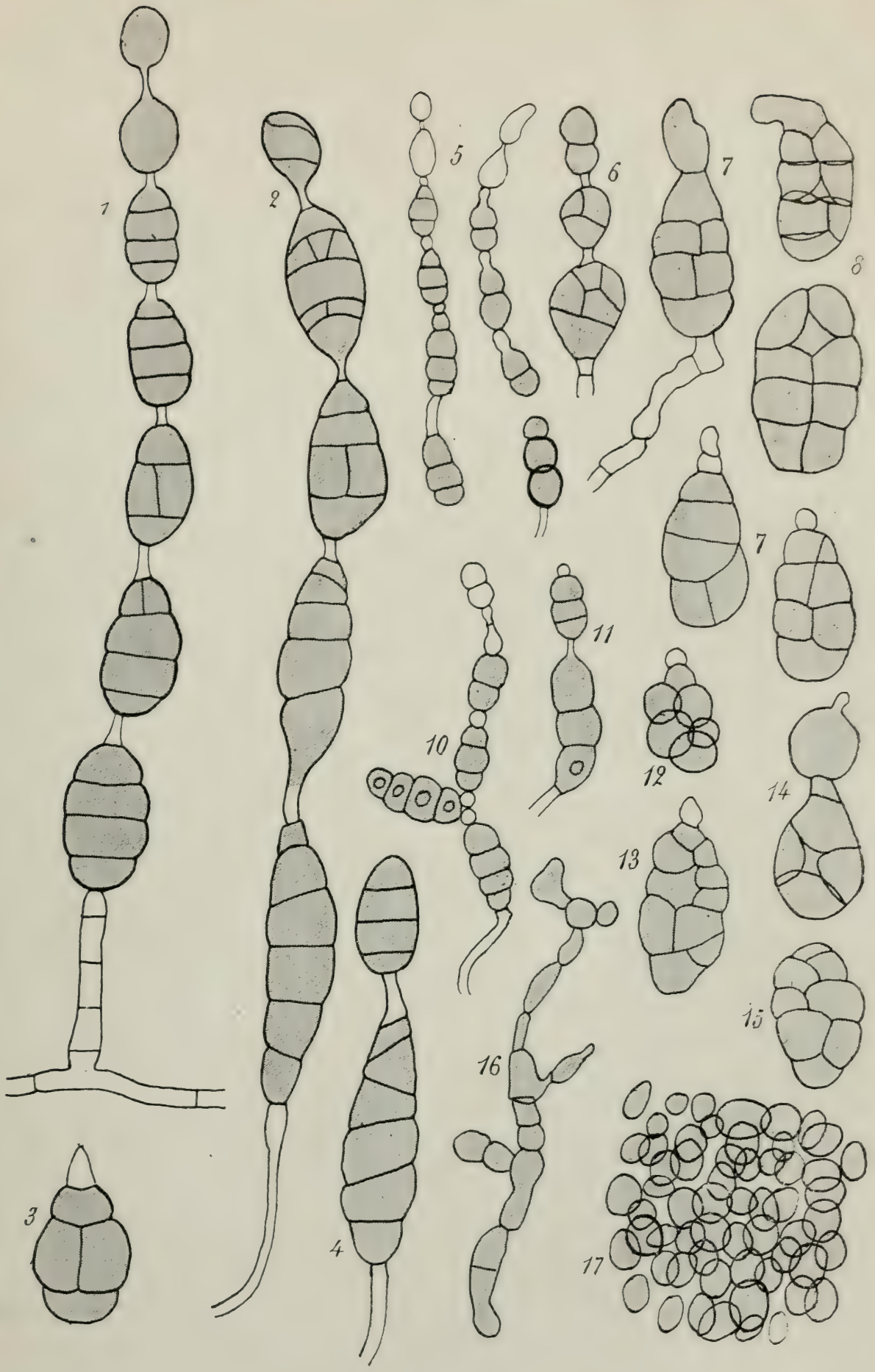

1
2
3
4
5
6
7
7
8
10
11
12
13
14
15
16
17

Planche XIII

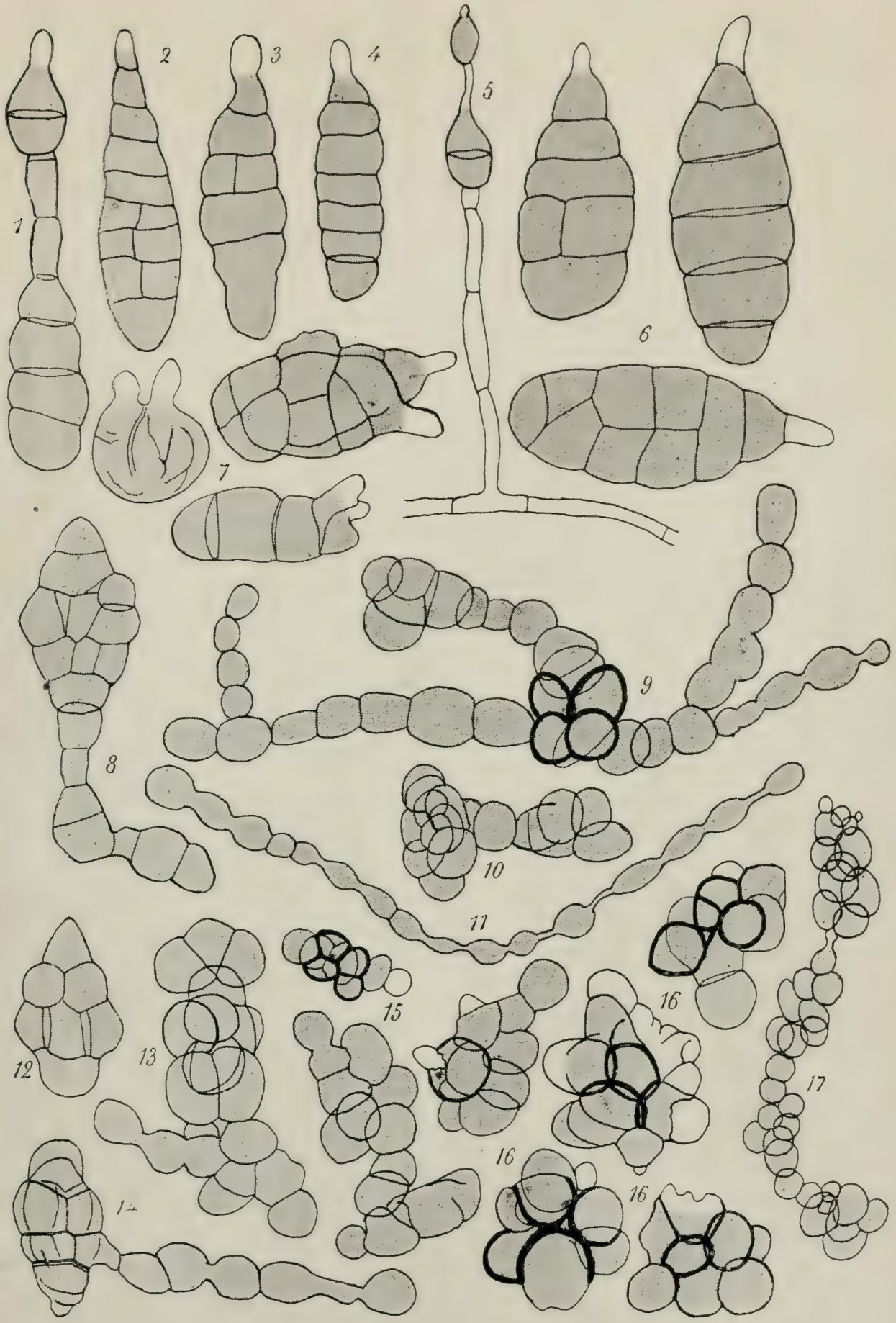


Planche XIV

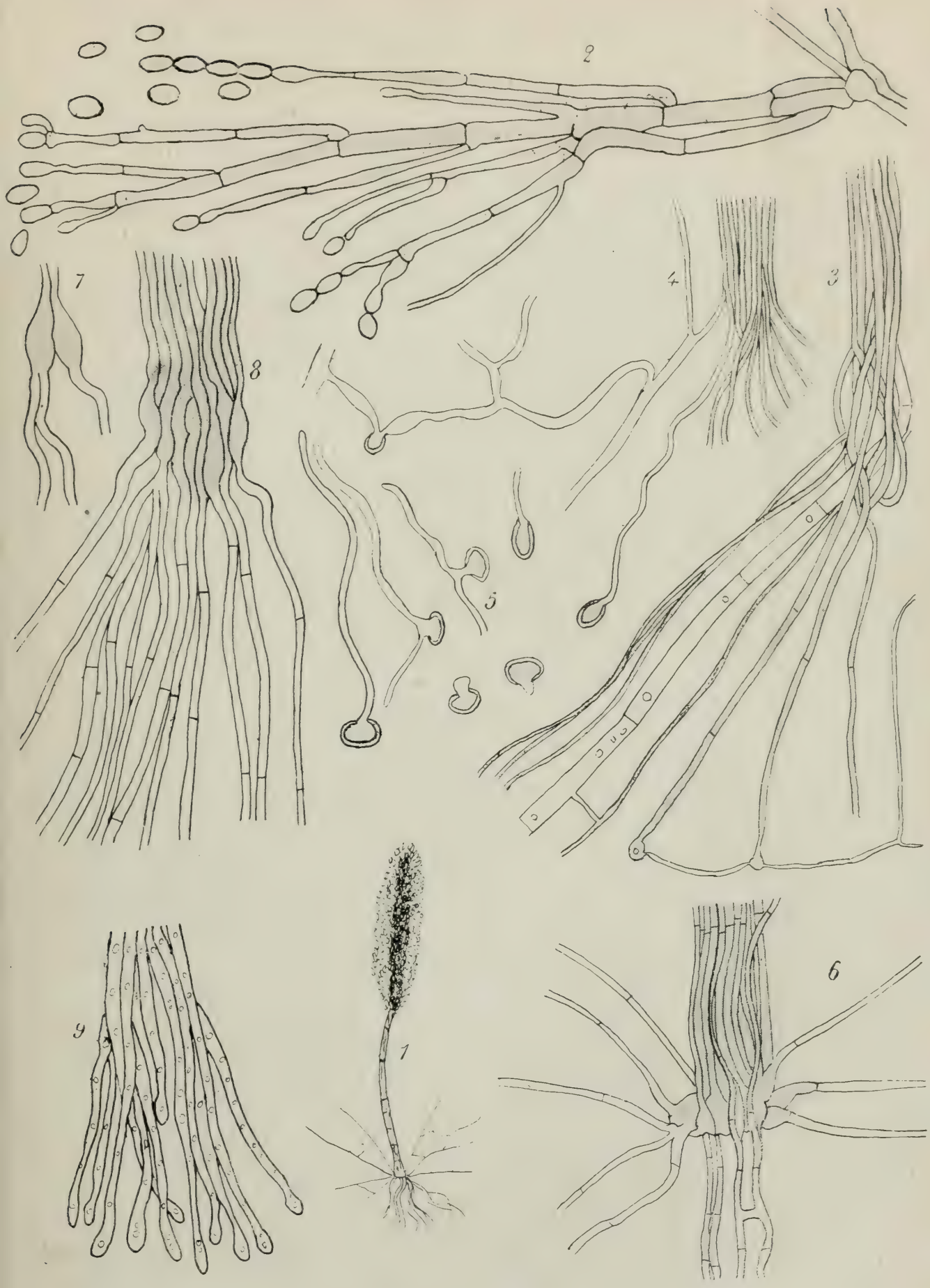


Planche XV

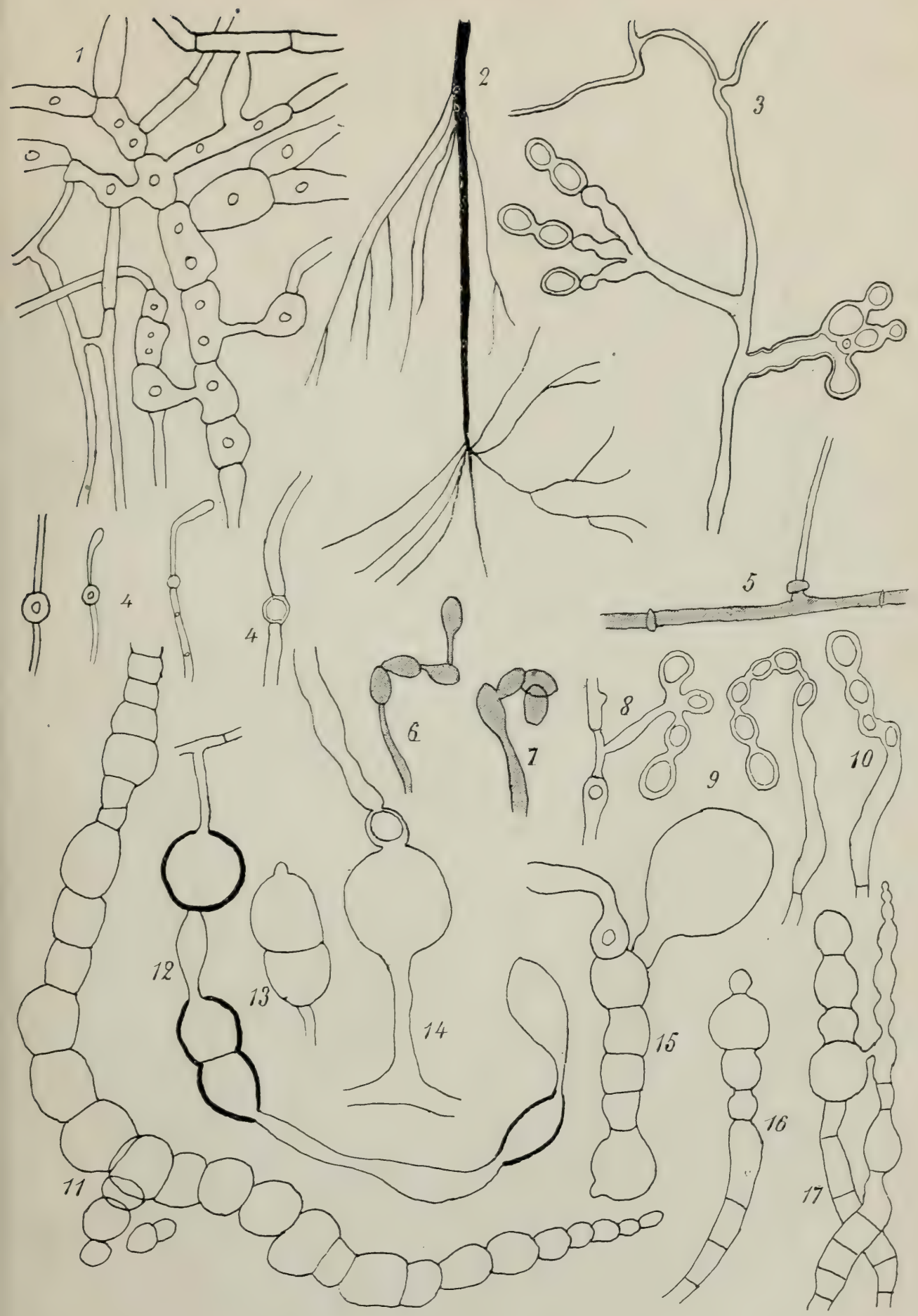
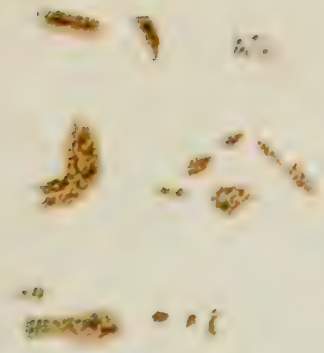


Planche XVI

PLANCHE XVII.

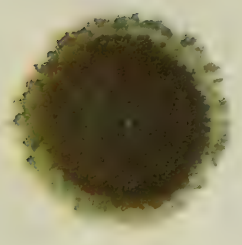


2

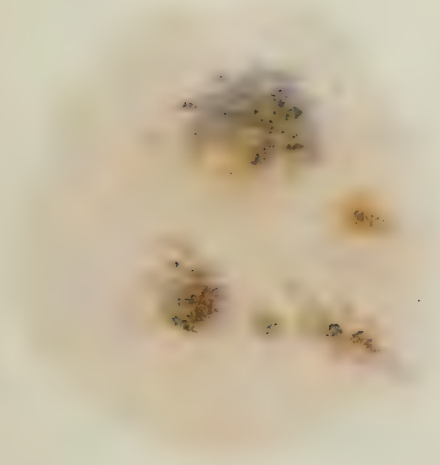
3

4

6

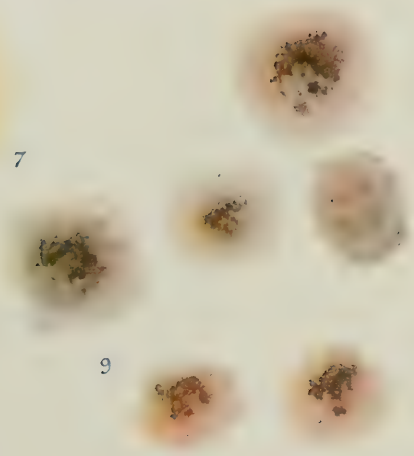


5



8

7



9

Instituto
Angola
Bibliotheca Publica
Ottaviano

PARIS
IMPRIMERIE LEVÉ
RUE CASSETTE, 17.

La Bibliothèque
Université d'Ottawa
Echéance

The Library
University of Ottawa
Date Due

MARS 07 1979

BE

a39003 003187217b

CE TS 1109
.S44M 1919
COO SEE, PIERRE. MALADIES D
ACC# 1423125

COLL ROW MODULE SHELF BOX POS C
333 06 01 13 10 05 1